This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Ueber die

Principien und die Grenzen der Reinigung

von

fauligen und fäulnissfähigen

Schmutzwassern.

Von

Dr. J. König,

Professor, Vorsteher der agric.-chem. Versuchsstation Münster in Westf.

Mit vier in den Text gedruckten Abbildungen.

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1885.

~~V 3096~~
Eng 1138.85

HARVARD COLLEGE
APR 23 1890
LIBRARY.
Bowditch Fund.

Alle Rechte vorbehalten.

Vorliegende Schrift bildet einen kurzen Auszug aus des Verfassers grösserem Werk: „Beiträge zur Verunreinigung der Flüsse, ihre Schädlichkeit nebst Mitteln zur Einschränkung“, welches demnächst erscheinen wird. Der Umstand, dass die Reinigung von städtischen und industriellen putriden Schmutzwassern augenblicklich vielerorts zu einer brennenden Frage geworden ist, hat Veranlassung gegeben, die Resultate von Versuchen, wie die putriden Schmutzwasser gereinigt werden müssen und in wie weit sie gereinigt werden können, im Auszuge gesondert für sich zusammenzufassen, um sie weiteren Kreisen zugänglich zu machen. Möge die kleine Schrift nicht nur manche unrichtige Ansicht über diese Frage beseitigen, sondern auch dazu beitragen, dass keine Massregeln getroffen oder vorgeschrieben werden, welche ihren Zweck nicht oder nur halb erreichen.

Münster, den 10. October 1885.

Der Verfasser.

Die Reinhaltung der öffentlichen Wasserläufe ist seit einigen Jahren sowohl aus sanitären wie volkswirthschaftlichen Gründen (zur Hebung der Fischzucht) Gegenstand allgemeiner Aufmerksamkeit geworden. Die Verwaltungsbehörden stellen erhöhte Anforderungen an die Reinigung von Schmutzwassern und die Technik ist mit ernstem Streben bemüht, denselben gerecht zu werden.

Ueber die Principien der Reinigung besonders der fauligen, d. h. mit stickstoffhaltigen organischen Stoffen beladenen Schmutzwassern herrschen aber selbst in wissenschaftlichen Kreisen so verschiedene und zum Theil unrichtige Ansichten, dass es gerechtfertigt erscheint, klarzulegen, worauf es bei der Reinigung dieser Art Wasser ankommt und inwieweit dieselbe überhaupt möglich ist.

Fast allgemein wird angenommen, dass ein Wasser dieser Art als gut und rein bezeichnet werden kann, wenn es klar, d. h. frei von suspendirten Schmutzstoffen ist. Diese Annahme ist aber durchaus irrig, denn klar aussehende Wasser, die frei von suspendirten Stoffen sind, aber viel gelöste organische Stoffe enthalten, können unter Umständen in sanitärer Hinsicht besonders für die Fischzucht weit schlimmer und gefährlicher sein, als schmutzig aussehende Wasser.

Die suspendirten Schlammstoffe, welche ein Wasser trübe und unrein erscheinen lassen, sind mitunter so gering, dass sie

kaum quantitativ bestimmbar sind. H. Fleck[1]) erwähnt, dass z. B. 1 *g* fein geschlämmter weisser Thon pro 1 *cbm*, also die millionenfache Menge für ein Wasser hinreicht, demselben bei 1 *m* hoher Schicht auf dunkelem Grunde ein trübes Aussehen zu verleihen. Um ein Wasser gefärbt erscheinen zu lassen, sind bei der stark tingirenden Wirkung mancher Farbstoffe noch geringere Mengen erforderlich; so genügen nach H. Fleck 50 *mg* Indigoblau pro 1 *cbm*, also der zwanzigmillionenfachen Menge Wassers, damit dasselbe in 1 *m* hoher Schicht auf weissem Grunde eine blaue Färbung annimmt. Von dem feinen Holzpapierstoff genügen nach meinen Beobachtungen 10—20 *mg* pro 1 *l* Wasser, um demselben bei einer Tiefe von $^1/_3$—$^1/_2$ *m* ein milchig trübes Aussehen zu ertheilen.

Das Aussehen, d. h. die äussere Beschaffenheit eines Wassers ist unter Umständen daher sehr trügerisch und kann keinen Maassstab für die Beurtheilung der Qualität, für die grössere oder geringere Reinheit desselben abgeben.

Wenn die suspendirten Schlammstoffe die einzigen oder vorwiegenden schädlichen Bestandtheile der mit stickstoffhaltigen organischen Stoffe beladenen Schmutzwasser wären, so müssten diese Wasser im Winter besonders für die Fischzucht ebenso schädlich sein wie im Sommer. Das ist aber nicht der Fall; wir können nämlich beobachten, dass die Fische sich gerade mit Vorliebe an solchen Stellen aufhalten, wo derartige Schmutzwasser in frischem Zustande aus Städten durch besondere Kanäle in die Flüsse sich ergiessen, andererseits mit Vorliebe solche Stellen im Wasser aufsuchen, wo direct über dem Wasser Aborte stehen und wo sie sich fast um jeden frischen Bissen reissen, der herunterfällt.

Also die suspendirten Schlamm- und Schmutzstoffe dieser Art Schmutzwasser als solche sind in frischem Zustande den Fischen nicht schädlich, sondern dienen ihnen im Gegentheil zur Nahrung. Sie werden für dieselben erst schädlich und tödtlich, wenn sie in Fäulniss übergegangen sind und wenn die Wasser eine grössere oder geringere Menge Fäulnissstoffe enthalten. Daher

---

[1]) 12. und 13. Jahresbericht d. Königl. Chem. Centralstelle f. öffentl. Gesundheitspflege in Dresden 1884, S. 4.

finden wir, dass in Bächen und Flüssen, welche derartige Schmutzwasser aufnehmen, die Fische in der wärmeren Jahreszeit häufig mit einem Male und an einem Tage zu Grunde gehen und obenauf schwimmen, weil die Fäulniss alsdann intensiver als im Winter verläuft und plötzlich durch einen warmen Gewitterregen oder durch starke Temperatur-Erhöhung unter Umständen plötzlich mit grosser Intensität eintreten kann.

Durch die Fäulniss wird einerseits der im Wasser gelöste Sauerstoff absorbirt und andererseits Schwefelwasserstoff und sonstige Fäulnissproducte gebildet, welche giftig wirken. Fliessen derartige in starker Fäulniss begriffene Schmutzwasser in Bäche oder Flüsse, so können sie auch dort je nach den Verhältnissen selbst bei grösseren Wassermengen der letzteren Schaden anrichten, indem der Schwefelwasserstoff und sonstige Reductionsproducte der Fäulniss mit einem Male den vorhandenen Sauerstoff auch dieses Wassers absorbiren und den Fischen das nöthige Lebenselement nehmen, dabei aber auch selbst eine direct giftige Wirkung äussern.

Selbstverständlich sind die suspendirten Schlammstoffe in den mit stickstoffhaltigen organischen Stoffen beladenen Wassern durchaus nicht irrelevant, denn sie sind die Träger für die Fäulnisskeime und Fäulnissvorgänge, und wenn es gilt, derartige Wasser zu reinigen, so ist in erster Linie auf deren Beseitigung Rücksicht zu nehmen. Aber sie sind, wenn diese Schmutzwasser bereits in Fäulniss begriffen und übergegangen sind, nicht die einzigen Bestandtheile, welche behufs Reinigung entfernt werden müssen; alsdann spielt die Beseitigung der gelösten Fäulnissstoffe aus denselben eine nicht minder grosse Rolle.

In vielen Fällen wird die Qualität derartiger Schmutzwasser einzig und allein nach ihrem grösseren oder geringeren Gehalt an Bacterien und sonstigen Mikroorganismen beurtheilt.

Man findet selbst in wissenschaftlichen Kreisen die Ansicht verbreitet, dass ein destillirtes Wasser, welches Bacterien etc. enthält, unter Umständen schlechter und gefährlicher sein kann, als ein Wasser, welches chemisch sehr unrein, aber frei von

Mikroorganismen ist. Andererseits wird nicht selten ein mechanisch und chemisch gereinigtes Wasser, welches frei von Mikroorganismen ist und solche auch nach wöchentlichem Stehen nicht aufkommen lässt, als rein und unschädlich erklärt, indem die Abführung desselben in die öffentlichen Wasserläufe nicht beanstandet wird.

Diese Ansichten sind jedoch nur bedingungsweise richtig.

Wenn ein destillirtes Wasser Mikroorganismen enthält, so können sie nur als solche in Form von Staub von aussen in dasselbe gelangt sein, nicht aber in demselben sich entwickelt haben; auch werden diese Mikroorganismen — vorausgesetzt, dass das Wasser überhaupt noch den Namen „destillirtes" beanspruchen kann —, nur dann schädlich wirken, wenn sie Träger für specifische Krankheiten sind. Denn wie viel Bacterien und Mikroorganismen nehmen wir nicht tagtäglich in dem den Nahrungsmitteln anhaftenden Staub und Schmutz zu uns, ohne dass wir nachtheilige Wirkungen verspüren? Ja manche Nahrungsmittel lassen wir mit Vorliebe erst einen gewissen Grad von Fäulniss durchmachen, ehe wir sie geniessen, z. B. Fleisch von Wild, Käse etc.

Auf der anderen Seite ist es ebenso fehlerhaft, ein Wasser, welches chemisch sehr unrein, aber momentan frei von Mikroorganismen ist, als unschädlich zu betrachten; denn ein Wasser, welches mit stickstoffhaltigen, der Gruppe der Proteinverbindungen angehörenden Stoffen beladen ist, enthält alle Bedingungen für die Entwickelung von Mikroorganismen und diese können jeden Augenblick in grösseren oder geringeren Mengen auftreten, da die Keime derselben stets in genügender Menge in der Luft vorhanden sind.

Auch Wasser mit grösseren Mengen Nitraten oder Ammoniaksalzen und organischen Stoffen können ein geeignetes Nährmedium für Mikroorganismen abgeben und sind daher unter Umständen ebenfalls bedenklich, selbst wenn sie auch momentan frei von Mikroorganismen sind.[1]) Man muss hier Ursache und Wirkung scharf auseinanderhalten.

---

[1]) Von einigen einseitigen Enthusiasten wird sogar neuerdings der chemischen Untersuchung eines Wassers, auch des Brunnenwassers

Bei der künstlichen Reinigung von fauligen und fäulnissfähigen Wassern durch chemische Fällungsmittel wird neben

keine oder kaum mehr eine Bedeutung beigelegt, sondern einzig und allein die bacteriologische Untersuchung als maassgebend erachtet. Das ist nicht minder irrig und heisst „das Kind mit dem Bade ausschütten."

Wenn ein Brunnenwasser mehr oder weniger Schwefelwasserstoff, Ammoniak oder salpetrige Säure enthält, so bedarf es keiner langen bacteriologischen Untersuchung mehr, sondern ein solches Wasser ist schon auf Grund dieses Befundes schlecht zu nennen und als Trinkwasser zu verwerfen und zwar nicht wegen der etwaigen directen Schädlichkeit dieser Bestandtheile, sondern weil letztere ein unwiderleglicher Beweis dafür sind, dass das Wasser Zuflüsse aus Erdschichten erhält, welche mit menschlichen oder thierischen, in Fäulniss begriffenen Stoffen imprägnirt sind.

Dasselbe gilt auch von einem Wasser, welches eine grössere Menge Nitrate enthält. Wo immer wir nämlich auch ein reines Quell- und Brunnenwasser von unbewohnten Plätzen untersuchen, stets werden wir finden, dass dasselbe nur wenig, eine durchschnittlich 20—30 *mg* pro 1 *l* nicht übersteigende Menge Salptersäure enthält. Findet sich aber in einem Wasser die 2—10fache Menge (wie häufig in Städten) und daneben gleichzeitig eine grössere Menge Chlorsalze, schwefelsaure Salze und organische, durch Chamäleon oxydirbare Substanz, so müssen wir daraus schliessen, dass auch ein solches Wasser Zuflüsse aus, mit menschlichen oder thierischen Abfallstoffen beladenen Erdschichten erhält. Letzteres Wasser unterscheidet sich von dem ersteren nur dadurch, dass die Zersetzungsproducte der Abfallstoffe (Ammoniak, Schwefelwasserstoff etc.) in Folge günstigerer Bodenbeschaffenheit etc. eine vollkommene Oxydation erfahren haben. Auch ein solches Wasser ist, mag es noch so klar und frei von Mikroorganismen sein, aus denselben Gründen, wie das erstere, schlecht und unter Umständen je nach den vorhandenen Mengen an genannten Bestandtheilen zu beanstanden, zumal das Oxydationsvermögen des Bodens über kurz oder lang oder zeitweise nachlassen kann und Fäulnissproducte von unvollendeter Oxydationsstufe in das Wasser gelangen können. Wenn wir aber verdorbene, in Zersetzung begriffene Nahrungs- und Genussmittel im allgemeinen verschmähen und verwerfen, so muss dasselbe von einem solcher Weise verdorbenen und verunreinigten Wasser gelten. Zwar ist ein Trinkwasser wohl kaum oder selten die directe Ursache von ansteckenden Krankheiten, aber ein unreines Wasser kann ebenso wie verdorbene Nahrungsmittel die Verbreitung von ansteckenden Krankheiten unterstützen.

Selbstverständlich ist es nicht zulässig, aus dem abnorm hohen Ge-

sonstigen Mitteln durchweg Kalk resp. Kalkmilch im Ueberschuss angewendet. Hierdurch fällt man die suspendirten Schlammstoffe und gleichzeitig mit diesen die vorhandenen Mikroorganismen. Derartig gereinigte und Kalk im Ueberschuss enthaltende Wasser halten sich für sich längere Zeit an offener Luft, ohne Mikroorganismen aufkommen zu lassen, oder aber die entwickelten Mikroorganismen werden von dem sich gleichzeitig bildenden und unlöslich abscheidenden kohlensauren Kalk mit niedergerissen.

Es ist aber nicht richtig, derartig geklärte und klar aussehende Wasser unter allen Umständen für unschädlich zu halten. Denn ergiessen sich die auf diese Art gereinigten Wasser in Bäche oder Flüsse, so wird der überschüssige, conservirend wirkende Kalk mit dem stets mehr oder weniger vorhandenen doppeltkohlensauren Kalk nach der Gleichung:

$$H_2CaC_2O_6 + H_2CaO_2 = 2\,CaCO_3 + 2\,H_2O.$$

in einfach kohlensauren Kalk umgewandelt, der sich als unlöslich abscheidet, und sind alsdann noch gelöste organische Stoffe in dem Wasser in genügender Menge vorhanden, welche den überall vorhandenen Fäulnisskeimen als Substrat dienen können, so kann in einem solchen Wasser von neuem Fäulniss eintreten.

Gehen wir nach diesen allgemeinen Bemerkungen näher auf die üblichen Reinigungsmethoden ein, so ist als die älteste und am weitesten verbreitete Methode die

I. durch Berieselung

zu nennen. Nach dem grundlegenden Experiment Bronner's im Jahre 1836 wissen wir, dass der Boden die Eigenschaft be-

---

halt von einem der genannten Bestandtheile, nämlich Chlorsalzen oder organischen Stoffen oder schwefelsauren Salzen auf ein schlechtes Wasser zu schliessen, weil dieselben einzeln für sich aus den natürlichen Erd- und Gebirgsschichten herrühren können; aber wenn sie gleichzeitig in einer abnormen Menge vorhanden sind und sich hierzu eine abnorme Menge Nitrate gesellt, so spricht besonders letzterer Umstand dafür, dass die Verunreinigung des Brunnens in besagter Weise stattgefunden haben muss, und ist einleuchtend, dass auch die chemische Analyse wohl im Stande ist, uns über die Qualität eines Wassers Aufschluss zu geben.

sitzt, Mistjauche bei der Filtration so zu reinigen, dass sie farblos und klar abläuft.

Von dieser Eigenschaft des Bodens wird der umfangreichste Gebrauch bei der Berieselung gemacht; besonders sind es die städtischen Abgangwasser (Spüljauche), welche man auf diese Weise der Reinigung unterzieht, und ich möchte diese Art Reinigung im Gegensatz zu anderen Reinigungsmethoden (durch Filtration, chemische Fällungsmittel etc., also künstliche Hülfsmittel) die **natürliche Reinigung** der putriden Schmutzwasser nennen.

Da sich die Reinigung durch Berieselung in vielen Fällen als wirksam erwiesen hat, so ist es für Entscheidung der Frage, worauf es bei der Reinigung dieser Art Schmutzwasser ankommt und in wie weit sie möglich ist, von Belang, klarzulegen, welche Veränderungen mit derartigen Schmutzwassern bei der Berieselung vor sich gehen.

Die in England von der sogenannten Flussverunreinigungscommission angestellten Untersuchungen haben ergeben, dass von den in dem Spüljauchenwasser vorhandenen Stoffen durch die Berieselung in Procenten der aufrieselnden Mengen entfernt wurden:

Bodenart.	Von den gelösten Stoffen				Von den suspendirten organ. Stoffen %
	Organ. Kohlenstoff %	Organ. Stickstoff %	Ammoniak %	Im Ganzen %	
1. Rugby, sandiger Boden mit thonigem Untergrund	72,3	90,3	94,2	+29,6	96,0
2. Warwick, dichter Thonboden .	71,7	89,6	65,6	1,2	100,0
3. Norwood, tiefer Thonboden . .	65,0	92,0	89,2	29,4	100,0
4. Penrith, drainirter, sandiger Lehmboden	75,0	94,3	100,0	59,1	100,0
5. Alderskot, steriler Sandboden .	80,9	93,5	94,5	60,1	93,7
6. Croydon, Kiesboden	67,4	94,0	80,0	6,3	100,0

Während in der Spüljauche keine Nitrate oder Nitrite vorhanden waren, fanden sich solche in dem Abrieselwasser, indem

in 4 Fällen 14—25 % des vorhandenen Ammoniak-Stickstoffs in Salpetersäure übergeführt waren.

Aehnliche Resultate erhielten Reinh. Klopsch[1]) auf dem Breslauer Rieselfelde und E. Salkowsky[2]) auf dem Berliner Rieselfelde; 1 *l* der natürlichen Spüljauche und des abrieselnden Drainwassers ergab im Mittel von mehreren Analysen:

	Breslauer Rieselfeld		Berliner Rieselfeld	
	Spül-jauche *mg*	Drain-wasser *mg*	Spül-jauche *mg*	Drain-wasser *mg*
Eindampf-Rückstand	1161,5	561,5	850,0	847,9
Glührückstand	650,6	461,4	562,4	732,9
Glühverlust	510,9	100,1	292,1	109,9
Stickstoff als Ammoniak	56,6	3,0	77,9	2,9
Stickstoff als Albuminoid-Ammoniak	38,0	0,8	9,4	0,5
Stickstoff als Salpetersäure	0,0	24,8	Spur	28,2
Stickstoff als Salpetrige Säure	0,0	1,8		
Gesammtstickstoff	94,6	30,5	87,3	31,6
Zur Oxydation der organ. Substanz verbrauchter Sauerstoff	—	29,4	50,9	4,1
Schwefelsäure-Anhydrid	67,4	80,8	27,1	81,8
Chlor	130,7	97,3	167,5	145,6
Phosphorsäure-Anhydrid	23,1	Spur	18,5	Spur
Kali	60,4	15,8	79,6	21,1
Natron	115,6	95,6	142,7	170,1
Kalk	77,8	102,7	107,5	167,8
Magnesia	21,8	19,1	20,8	21,5
Eisenoxydul	4,328	0,901	—	—
Kohlensäure	—	286,5	—	—

Da bei der Spüljauchen-Rieselung das Wasser durch den Boden filtrirt und das Abrieselwasser als Drainwasser abläuft, so habe ich einige Versuche darüber angestellt, welche Veränderungen das Wasser bei der Oberflächen-Rieselung erleidet, d. h.

---

[1]) Preuss. landw. Jahrbücher 1885 S. 109.

[2]) Wochenschrift der Ver. d. Ing. 1883 S. 261.

wenn das Abrieselwasser oberirdisch abläuft. Zu dem Zweck wurde einerseits ein mit Grassamen bestandener Rieselkasten von 2,5 *m* Länge, 1 *m* Breite und 1,57 *m* Tiefe einmal mit gewöhnlichem Brunnenwasser, dann unter Zusatz von Jauche berieselt, andererseits wurde das Abflusswasser einer Papierfabrik, welches mit Kalkwasser versetzt erst in Klärteichen einer Fäulniss und Reinigung von suspendirten Stoffen unterworfen und von da über eine Wiese geleitet wird, einer Untersuchung unterzogen. Die Mengen des aufrieselnden Wassers entsprachen den bei den üblichen Wiesenberieselungen angewendeten Mengen von 50—100 *l* pro 1 *ha*.

Neben den üblichen Bestandtheilen wurde auch der Sauerstoffgehalt des Wassers im auf- und abrieselnden Wasser berücksichtigt.

Die Resultate sind im Mittel von je 3 Einzelversuchen pro 1 *l* Wasser folgende:

I. Jauchewasser.

	1. Berieselung mit reinem Brunnenwasser.		2. Rieselung mit demselben unter Zusatz von Jauche.	
	Aufrieselndes Wasser *mg*	Abrieselndes Wasser *mg*	Aufrieselndes Wasser *mg*	Abrieselndes Wasser *mg*
Organische Stoffe . . . . *mg*	41,5	62,0	1627,4	1362,8
Sauerstoff . . . . . *cc*	4,9	5,3	2,5	4,7
Kohlensäure . . . . . *mg*	130,6	132,1	490,0	471,4
Kalk . . . . . „	106,3	107,5	101,9	110,9
Magnesia . . . . . „	13,4	13,1	16,5	15,3
Kali . . . . . „	10,5	9,5	59,1	64,6
Natron . . . . . „	25,6	20,0	98,6	122,2
Chlor . . . . . „	31,8	26,2	141,0	131,1
Salpetersäure . . . . . „	44,2	34,6	—	—
Schwefelsäure . . . . . „	46,0	45,5	62,7	64,3
Suspendirte unorganische Stoffe „	6,9	8,7	24,9	21,7
Stickstoff in Form von Ammoniak „	—	—	134,0	112,3
Organisch gebundener Stickstoff „	—	—	30,9	25,2
Phosphorsäure . . . . . „	—	—	42,5	24,4

II. Abflusswasser aus einer Strohpapierfabrik.

	a) Direct aus der Strohpapierfabrik abfliessendes Wasser	b) Aus den Klärteichen abfliessendes Wasser, auffliessend für die Wiese	c) Von der Wiese abfliessend	Ab- (—) oder Zunahme (+) des ursprünglichen Gehaltes				
				im Ganzen		oder in Procenten		
				in den Klärteichen	auf der Wiese	in den Klärteichen	auf der Wiese	insgesammt
Suspendirte Schlammstoffe . . *mg*	1464,4	975,5	611,0	— 488,9	— 364,5	— 33,4	— 24,9	— 58,3
Zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe erforderlichen Sauerstoff . . . . . *mg*	1133,6	676,5	433,5	— 457,1	— 243,0	— 40,3	— 21,4	— 61,7
Sauerstoff . . . . . *cc*	4,2	2,0	2,8	— 2,2	+ 0,8	— 52,4	+ 19,0	— 33,4
Kohlensäure . . . . . *mg*	124,9	443,8	582,0	+ 318,9	+ 138,2	+ 255,3	+ 110,0	+ 335,4
Kalk . . . . . „	972,8	728,5	649,8	— 244,3	— 79,7	— 25,1	— 8,2	— 33,3
Kali . . . . . „	92,8	113,0	109,1	+ 20,1	— 3,9	+ 21,6	— 4,2	+ 17,4
Salpetersäure . . . . . „	31,8	16,6	12,4	— 15,2	— 4,2	— 47,7	— 13,2	— 60,9
Stickstoff in Form von Ammoniak „	3,5	2,6	2,9	— 0,9	+ 0,3	— 25,7	+ 8,6	— 17,1
Organisch gebundener Stickstoff „	79,3	53,6	36,2	— 25,7	— 17,4	— 32,4	— 21,9	— 54,3
Phosphorsäure . . . . . „	9,4	1,6	1,4	— 7,8	— 0,2	— 82,9	— 2,1	— 85,0

Als Resultate aus letzteren beiden Versuchen will ich nur hervorheben, dass, wenn einem reinen Wasser fauliges, d. h. in starker Fäulniss befindliches Wasser zugesetzt wird, der Sauerstoffgehalt des ersteren erheblich abnimmt; derselbe sank in dem Brunnenwasser durch Zusatz von Jauche von 4,9 *cc* auf 2,5 *cc* pro 1 *l*; andererseits erfährt auch in einem mit stickstoffhaltigen organischen Stoffen beladenen Wasser, wenn es, wie hier das Strohpapierfabrik-Abflusswasser, einer Fäulniss unterliegt, der Sauerstoffgehalt des frischen Wassers eine erhebliche Abnahme und in beiden Fällen durch die Berieselung, d. h. durch die Ausbreitung an der Luft in dünner Schicht eine Zunahme, indem sich gleichzeitig durch Oxydation eine erhöhte Menge Kohlensäure bildet.

Ganz gleiche Beziehungen machen sich bei der üblichen Berieselung der Wiesen mit gewöhnlichem Bachwasser geltend. Nach vielfachen hiesigen Untersuchungen nimmt das Bachwasser durch die Ausbreitung auf Wiesen an Sauerstoff zu, indem das oberirdisch abfliessende Wasser, selbst wenn das Bachwasser reich an Sauerstoff ist, häufig einen höheren Gehalt an Sauerstoff hat

als dieses; dagegen ist das durch den Boden filtrirende Wasser, das Drainwasser gegenüber dem aufrieselnden wie oberirdisch abrieselnden Wasser erheblich ärmer an Sauerstoff, aber reicher an Kohlensäure, indem gleichzeitig die organischen Stoffe eine Abnahme erfahren. So fanden wir im Mittel einer Reihe von Einzelversuchen in 4 Jahren[1]) auf mehreren drainirten Wiesenflächen pro 1 Liter:

	Aufrieselndes Wasser	Oberirdisch abrieselndes Wasser	Unterirdisch abrieselndes Wasser
Organische Stoffe	114,5 *mg*	110,6 *mg*	96,1 *mg*
Sauerstoff	7,1 *cc*	7,7 *cc*	6,4 *cc*
Kohlensäure	216,2 *mg*	210,9 *mg*	219,9 *mg*
Kalk	146,6 „	140,1 „	143,1 „
Schwefelsäure	39,6 „	38,9 „	40,1 „

Die oxydirende Wirkung des Wassers resp. die Abgabe von Sauerstoff und die Aufnahme von Kohlensäure ist um so grösser, je langsamer das Wasser durch den Boden sickert; auf der Versuchswiese, auf welcher vorstehende Versuche angestellt wurden, waren 3 Drainagesysteme ausgeführt, ohne und mit verschiedenen Ventilkasten, d. h. Absperrventilen; letztere schliessen in der üblichen Ausführung nie ganz wasserdicht, und so flossen auch hier auf den 3 verschiedenen Drainage-Systemen verschiedene Mengen Wasser aus; die Beziehungen zwischen dem Sauerstoff- und Kohlensäure-Gehalt machten sich wie folgt geltend:

	Petersen's Drainage (mit Ventilen)	Abel's Drainage (mit Ventilen)	Drainage ohne Ventil
Aus den Drains ausfliessende Wassermenge auf 1 *ha* und Sekunde berechnet	3,19 *l*	2,43 *l*	16,50 *l*
1 *l* Drainwasser enthielt mehr oder weniger als das oberirdisch abrieselnde Wasser:			
Sauerstoff weniger	0,9 *cc*	1,3 *cc*	0,55 *cc*
Kohlensäure mehr	9,8 *mg*	14,1 *mg*	3,7 *mg*
Schwefelsäure mehr	1,1 „	1,3 „	0,9 „
Kalk mehr	3,7 „	4,0 „	1,7 „

[1]) Vergl. Landw. Jahrbücher 1882 S. 151 und 1885 S. 177 resp. 198.

Mit der erhöhten Menge Kohlensäure (resp. Schwefelsäure) geht auch der Kalkgehalt in dem Abrieselwasser parallel und hieraus erklärt sich, dass das Abrieselwasser bei der Spüljauchen-Rieselung, bei welcher in Folge der bedeutenden Zufuhr von organischen Stoffen zum Boden eine sehr reichliche Kohlensäurebildung statthat, nach obigen Analysen bedeutend mehr Kalk überhaupt mehr Mineralstoffe enthält, als die ursprüngliche aufrieselnde Spüljauche.

Fast allgemein wird die Reinigung der Schmutzwässer durch Berieselung auf eine Absorption der Wasserbestandtheile durch den Boden zurückgeführt. Diese Ansicht ist aber, insoweit die gelösten Bestandtheile des Wassers in Betracht kommen, irrig. Die suspendirten Schlammstoffe werden mechanisch im Boden niedergeschlagen und die gelösten Stoffe verschwinden aus dem Wasser zum bei weitem grössten Theil nur insoweit, als sie entweder wie die organischen Stoffe im Boden oxydirt oder wie die Mineralstoffe oder mineralisirten Stoffe von den Pflanzen direct aufgenommen werden.

Wir haben nämlich auf Grund mehrjähriger Versuche gefunden, dass z. B. bei der Berieselung mit gewöhnlichem Bachwasser die nicht absorptionsfähige Salpetersäure in demselben Maasse als die absorptionsfähigen Basen (Kali, Ammoniak etc.) resp. Säuren wie Phosphorsäure aus dem Wasser verschwindet, dass die Abnahme an gelösten Mineralstoffen in der wärmeren Jahreszeit bei lebhafter Crescenz eine stärkere ist, als im Winter, wenn die Vegetation ruht; dass in letzterem Falle sogar ein Auswaschen von Bodennährstoffen statthaben kann und endlich, dass die Abnahme von gelösten Mineralstoffen im Rieselwasser bei einem mageren Boden eine grössere ist, als bei einem an Pflanzennährstoffen reicheren Boden.

a) So wurde z. B. bei einem mageren Sandboden (in der Boker Haide in Westf.) im Mittel einer Anzahl von Versuchen für die Summe an gelösten Mineralstoffen (nämlich Kalk, Magnesia, Kali, Natron, Schwefelsäure, Salpetersäure und Chlor unter Abzug einer dem letzteren äquivalenten Menge Sauerstoff) pro 1 *l* Wasser gefunden:

	Herbst	Frühjahr 1876		Sommer	
	Novbr. 1876	28/2—1/3	3/5 - 4/5	31/7—1/8 1876	29/7 1875
	mg	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*
1. Unbenutztes aufrieselndes Wasser	205,2	185,2	251,1	336,3	429,6
2. Abrieselndes, 3—4 mal benutztes Wasser	185,3	177,6	227,3	282,0	270,4
Abnahme . . . *mg*	19,9	7,6	23,8	54,3	159,2
desgl. in Procenten. .	9,7 %	4,1 %	9,5 %	16,1 %	37,0 %

Oder auf wirkliche auf- und abrieselnde Wassermengen in jeder Benutzung pro 1 *ha* und Sekunde berechnet:

	g	*g*	*g*	*g*	*g*
1. Aufrieselndes Wasser . . .	—	32,125	40,678	58,516	52,841
2. Abrieselndes Wasser	—	31,790	36,140	43,428	29,744
Abnahme . . . . *g*	—	0,435	4,538	15,088	23,097
desgl. in Procenten. .	—	1,3 %	25,8 %	25,8 %	43,7 %

b) Auf der Talle mit einem ähnlichen mageren Sandboden ergaben sich pro 1 *ha* und Sekunde bei wiederholter Benutzung:

	Herbst 2.-3. Novbr. 1877	Winter 25.—26. Febr. 1878	Sommer 7.—8. Aug. 1878
	g	*g*	*g*
1. Aufrieselndes Wasser . . .	34,580	46,848	23,104
2. Abrieselndes Wasser	29,155	46,984	20,256
Abnahme . . . . *g*	5,425	+ 0,136	2,848
Oder in Procenten . .	15,6 %	+ 0,3 %	13,7 %

c) Auf einer Versuchswiese in Borghorst mit lehmigsandigem Mittelboden wurde pro 1 Liter auf- und abrieselndes Wasser im Durchschnitt mehrerer Versuchsflächen für die einzelnen Bestandtheile des Wassers gefunden:

	Winter 1880 24/2—28/2	Frühjahr 1881 14/3—17/3	Herbst 1880 30/11—10/12	Sommer1881 15/8—16/8
1. Kohlensäure.	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*
Auffliessendes Wasser . .	230,3	218,1	230,0	162,8
Abfliessendes do. . .	222,3	205,3	222,8	118,2
Abnahme . . . . *mg*	8,0	12,8	(7,2)	44,6
Oder in Procenten . .	3,4 %	5,8 %	—	27,5 %

	Winter 1880 24/2—28/2	Frühjahr 1881 14/3—17/3	Herbst 1880 30/11—10/12	Sommer 1881 15/8—16/8
2. Kalk.	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*
Auffliessendes Wasser . .	150,9	135,8	159,5	120,9
Abfliessendes do. . .	148,2	131,2	144,0	105,9
Abnahme . . . . *mg*	2,7	4,6	15,5	15,0
Oder in Procenten . .	1,7 %	3,4%	9,7 %	12,4 %
3. Magnesia.				
Auffliessendes Wasser . .	9,7	8,8	8,5	11,2
Abfliessendes do. . .	8.8	7,9	8,3	7,8
Abnahme . . . . *mg*	0,9	0,9	(0,2)	3,4
Oder in Procenten . .	9,3 %	10,2%	—	30,3 %
4. Kali.				
Auffliessendes Wasser . .	12,5	9,0	10,5	30,0
Abfliessendes do. . .	10,6	7,7	9,7	15,9
Abnahme . . . . *mg*	1,9	1,3	(0,8)	14,1
Oder in Procenten . .	15,2 %	14,4 %	—	47,0 %
5. Natron.				
Auffliessendes Wasser . .	25,9	28,6	25,1	38,4
Abfliessendes do. . .	25,4	26,9	24,6	31,2
Abnahme . . . . *mg*	0,5	1,7	0,5	7,2
Oder in Procenten . .	1,9 %	5,9 %	2,0 %	21,3 %
6. Chlor.				
Auffliessendes Wasser . .	28,3	19,6	22,6	43,5
Abfliessendes do. . .	28,4	19,6	24,2	38,6
Abnahme . . . . *mg*	(+0,1)	0,0	(+1,6	4,9
Oder in Procenten . .	—	—	—	11,2 %
7. Salpetersäure.				
Auffliessendes Wasser . .	19,7	10,2	10,7	10,5
Abfliessendes do . .	16,8	6,9	9,0	7,9
Abnahme . . . . *mg*	2.8	3,3	1,7	2,6
Oder in Procenten . .	14,1 %	32,3 %	15,9 %	24,7 %
8. Schwefelsäure.				
Auffliessendes Wasser . .	36,9	30.7	35,3	57,6
Abfliessendes do. . .	36,7	29,9	35.4	52,2
Abnahme . . . . *mg*	0,2	0,8	(+0,1)	5,4
Oder nach Procenten .	0,6 %	0,5 %	—	9,3 %

d) Auf dieser Versuchswiese wurde dem Rieselwasser in mehreren Versuchen künstlich Kali, Ammoniak, Phosphorsäure und Salpetersäure in Form von Chlorkalium, Kaliumnitrat, Ammoniumsulfat und Superphosphat in Lösung zugeführt und pro 1 *l* auf und abrieselndes Wasser nach je zweimaliger Benutzung unter sonst gleichen Verhältnissen gefunden:

	Kali *mg*	Ammoniak *mg*	Phosphorsäure *mg*	Chlor *mg*	Salpetersäure *mg*
Aufrieselndes Wasser	90,8	7,9	15,7	31,1	70,7
Abrieselndes do.	11,6	2,4	6,9	30,8	24,0
Abnahme . . *mg*	79,2	5,5	8,8	0,3	46,7
Oder in Procenten.	87,2%	69,5%	56,1 %	0,9 %	66,1 %

Man sieht hieraus, dass

1. die Abnahme an gelösten Mineralstoffen bei lebhafter Vegetation in der wärmeren Jahreszeit und auf einem mageren Boden eine grössere ist, als in der kälteren Jahreszeit bei schwächerem Wachsthum und auf reicheren Bodenarten; ja dass bei ganz ruhender Vegetation sogar eine Zunahme an löslichen Mineralstoffen statthaben kann;

2. die nicht absorptionsfähige Salpetersäure bei vorhandener Crescenz eine fast ebenso starke Abnahme im Rieselwasser erfährt, als die absorptionsfähigen Bestandtheile Kali, Ammoniak und Phosphorsäure.

Würde nur oder vorwiegend die Bodenabsorption für die Abnahme an gelösten Mineralstoffen maassgebend sein, so könnte sie in der kälteren und wärmeren Jahreszeit nicht so verschieden sein, zumal die Wärme die Absorption bei den hier in Betracht kommenden Temperaturen nur im geringen Grade unterstützt, und wäre nicht zu erklären, weshalb die Salpetersäure bei vorhandener Crescenz eine fast ebenso starke Abnahme erleidet als Kali, Ammoniak und Phosphorsäure. Man muss demnach schliessen, dass die gelösten Mineralstoffe weniger durch die Absorptionskraft des Bodens festgehalten werden, als dadurch aus dem Rieselwasser verschwinden, dass sie direct von den Pflanzen und um so stärker aufgenommen werden, je grösser das Bedürfniss derselben an Mineralstoffen ist.

Nur für Kali, Ammoniak und Phosphorsäure kann man nach sonstigen hiesigen Versuchen eine schwache Absorption durch den Boden annehmen, da sie in einem Rieselwasser in sehr geringer Menge auch abzunehmen pflegen, wenn, wie im Winter, kein Pflanzenwachsthum vorhanden ist und weil sie im Drainwasser in geringerer Menge auftreten, als im oberirdisch abfliessenden Wasser; jedoch ist diese Absorption durch den Boden im Verhältniss zu den direct von den Pflanzen aufgenommenen Mengen nur gering und kann selbstverständlich bei einem reinen Sandboden, der durchweg zur Berieselung benutzt wird, wegen seines geringen Gehaltes an absorbirenden Stoffen, wie Humus, Zeolithen und Sesquioxyden kaum in Betracht kommen.

Es ist hiernach auch einleuchtend, dass die Reinigungskraft des Bodens keine unbegrenzte ist, dass die Grösse der Bodenfläche in einem bestimmten Verhältnisse zur Menge des zu reinigenden Schmutzwassers stehen muss, dass sich ein durchlässiger für Luft permeabelerer, magerer Boden (Sandboden) besser für solche Wasser eignet, als ein undurchlässiger schwerer Lehm- oder Thonboden, dass, wenn ein Boden nicht die nöthige Durchlässigkeit und Permeabilität besitzt, dieselbe durch Drainage unterstützt werden muss etc. In vielen Fällen nun aber, in welchen es sich um die Reinigung derartiger Schmutzwasser handelt — und hierher gehören ausser der städtischen Spüljauche die Abgangwasser aus: Schlachthäusern, Papierfabriken, Zucker- und Stärkefabriken, Bierbrauereien, Brennereien, Hefefabriken, Wollwäschereien etc. etc. — ist entweder kein geeigneter Boden oder keine hinreichend grosse Bodenfläche für die Reinigung derselben durch Berieselung vorhanden; es müssen dann andere Verfahren zur Reinigung, die ich künstliche nennen will, eingeschlagen werden und ist einleuchtend, dass von diesen dasjenige Verfahren den Vorzug verdient, welches der bewährten Reinigung durch Berieselung am nächsten kommt und den Zweck am besten erreicht.

Nach den vorstehenden Versuchen lassen sich die Wirkungen der Berieselung mit genannten Schmutzwassern, wie folgt, zusammenfassen:

1. In erster Linie werden die suspendirten Schlammstoffe entfernt, indem sich dieselben bei

ein- oder mehrmaliger Benutzung des Wassers mehr oder weniger vollständig mechanisch auf- und in dem Boden niederschlagen.

2. In zweiter Linie werden die gelösten organischen Stoffe zum Theil vom Boden absorbirt und durch den Sauerstoff der Bodenluft resp. des Wassers oxydirt, indem sich aus den Kohlenstoff-, Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen Kohlensäure resp. Schwefelsäure resp. Salpetersäure bilden; gleichzeitig aber wird dem Wasser auch noch wieder Luftsauerstoff zugefügt.

3. Die gelösten Mineralstoffe oder die mineralisirten Verbindungen wie Salpetersäure erfahren eine Abnahme, insofern sie entweder direct von den Pflanzen aufgenommen oder zum geringen Theil (wie Kali, Phosphorsäure und Ammoniak) vom Boden absorbirt werden. Die Bodenabsorption spielt für die Entfernung der gelösten Mineralstoffe ohne Zweifel eine geringere Rolle als die directe Aufnahme durch die Pflanzen.

Was die Oxydation der Kohlenstoff-, Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen anbelangt, so beruht dieselbe nicht auf einer directen Bindung des Boden- resp. Wasser-Sauerstoffs, sondern muss nach den Untersuchungen von Schlösing und Müntz,[1]) von Waringtom[1]) sowie von E. Wollny[2]) angenommen werden, dass ebenso, wie die Salpetersäure-Bildung, so auch die der Kohlensäure durch besondere Mikroorganismen im Boden vermittelt wird resp. an die Anwesenheit dieser Mikroorganismen gebunden ist, indem alle die Factoren, welche die Lebensthätigkeit dieser Mikroorganismen (hinreichende Wärme und Feuchtigkeit sowie reichliche Sauerstoffzufuhr etc.) begünstigen, auch eine erhöhte Kohlensäure- und Salpetersäure-Bildung zur Folge haben. Neben der an die Lebensthätigkeit der niederen Organismen gebundenen Oxydation des Kohlenstoffs in der Ackererde verläuft allerdings eine langsame directe Verbrennung der organischen

[1]) Centr. Bl. f. Agric. Chemie 1878 S. 70.

[2]) Ibidem 1884 S 796.

Stoffe, jedoch ist diese gegenüber dem ersteren Process von nur untergeordneter Bedeutung.

Nach den Untersuchungen von Alex Müller[1]) und neuerdings von Friedr. Emich[2]) muss angenommen werden, dass auch bei der Selbstreinigung der Flüsse[3]) dieselben Mikroorganismen die Oxydation der organischen Stoffe vermitteln, wie bei der Reinigung im Boden; auch sind hier wie dort die End-

---

[1]) Landw. Versuchsst. 1873 Bd. 16 S. 263 und 1877 Bd. 20 S. 391.

[2]) Chem. Centr. Bl. 1885 S. 333.

[3]) Dass eine Selbstreinigung der Flüsse statthat, kann nach vielfachen neueren Versuchen nicht mehr geleugnet werden; unter diesen sollen hier nur die in den letzten Jahren von Fr. Hulva in Breslau (Beiträge zur Schwemmkanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau; Bonn 1884) angestellten erwähnt werden. Hulva untersuchte das Oderwasser vor und nach Aufnahme der Breslauer Sielwasser in verschiedenen Entfernungen von den Einflussstellen und fand für die Zusammensetzung des Oderwassers pro 1 *l*:

	Gesammtrückstand *mg*	Glühverlust *mg*	Glührückstand *mg*	Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff *mg*	Oder organische Stoffe *mg*	Ammoniak *mg*	Albuminoid-Ammoniak *mg*	Salpetersäure *mg*	Chlor *mg*
1. Oderwasser vor Einmündung der Kanäle . . .	172,3	39,0	136,7	4,4	87,3	0,20	0,24	0,72	8,0
2. Unmittelbar hinter der Einmündung der Kanäle	532,8	179,2	353,6	24,9	491,3	10,34	2,98	0,85	29,8
3. Nach erfolgter Mischung beim Austritt aus der Stadt	185,6	42,8	142,8	5,8	114,5	1,12	0,42	0,98	11,0
4. Bei Moselwitz, 9 *km* unterhalb d. Einmündung der Kanäle . .	179,0	43,3	135,7	4,4	85,9	0,48	0,33	0,87	10,4

producte qualitativ dieselben. Der Umstand jedoch, dass bei der Reinigung der an organischen Stoffen reichen Schmutzwasser durch Berieselung die niedrigen Organismen eine wesentliche Rolle mitspielen, lässt uns bei der grossen Intensität der Lebensthätigkeit derselben erkennen, dass wir schon umfangreiche und gewaltige Vorkehrungen treffen müssen, wenn wir die Reinigung dieser Schmutzwässer auf andere Weise bewirken wollen.

Der Boden-Berieselung am nächsten steht:

2. Die Filtration durch Boden etc.

Als Filtermaterial dient durchweg ein sandiger Boden, Sand oder Kies, Thon und Kohle, ferner Sand und Coaks resp. Torf[1]) etc. Dabei presst man die zu filtrirende Flüssigkeit entweder von unten nach oben durch das Filtrirmaterial (aufsteigende Filtration) oder lässt sie von oben nach unten durch dasselbe fliessen (absteigende Filtration), indem man letztere bald continuirlich oder intermittirend wirken lässt.

Durch die Filtration werden einerseits die suspendirten Schlammstoffe entfernt, indem sie mechanisch zurückgehalten werden, andererseits wird dem Schmutzwasser Sauerstoff zugeführt und unter der Mitwirkung von Mikroorganismen eine Oxydation der organischen Stoffe bewirkt. Es ist einleuchtend, dass die Reinigung eine um so bessere ist, je weniger Schmutzwassermassen durch das Filter getrieben werden, dass also eine intermittirende Filtration besser wirken muss als eine continuirliche.

Die von der englischen Flussverunreinigungs-Commission angestellten Versuche haben jedoch ergeben, dass durch die Filtration wohl die suspendirten Schlammstoffe, nicht aber die gelösten Stoffe in befriedigender Weise entfernt werden. So wurden beseitigt:

---

[1]) Für die Reinigung von weniger verunreinigtem Wasser im kleinen zur Gewinnung eines brauchbaren Trinkwassers werden auch Holzkohle oder Eisenschwammfilter etc. verwendet. Die über die Wirkung dieser Filter angestellten Untersuchungen haben aber ergeben, dass auch diese nur eine unvollkommen reinigende Wirkung besitzen.

	Organ. Kohlenstoff %	Organ. Stickstoff %	Ammoniak %	Zunahme an Salpetersäure pro 1 *l* Wasser *mg*
I. Bei der aufsteigenden Filtration				
1. durch ein Sandfilter	18,9	42,3	19,8	4,60
2. durch ein Filter von Thon und Kohle	21,8	5,0	39,3	0,76
II. Bei der absteigenden intermittirenden Filtration				
1. durch ein Sandfilter	78 4	93,9	99,6	42,54
2. durch Torferde	47,3	44,1	13,1	16,50

In letzter Zeit ist von Fr. Petri-Berlin vorgeschlagen, die Spüljauche in der Weise zu reinigen, dass sie erst ein Torfgrus-, dann ein Kiesfilter passirt und schliesslich noch durch Kalkmilch in Klärteichen gefällt wird, wobei der sich bildende kohlensaure Kalk organische Stoffe mit niederreisst. Die auf diese Weise behandelte Spüljauche war frei von suspendirten Schlammstoffen und waren beseitigt:

Gesammt-Stickstoff	Ammoniak	Zur Oxydation erforderliches Kaliumpermanganat
73,1 %	66,6 %	67,4 %

Dem Vernehmen nach hat dieses Verfahren jedoch bis jetzt keine weitere Verbreitung gefunden. Auch liegt auf der Hand, dass die alleinige Filtration der Schmutzwasser nicht den Erfolg haben kann, als die Berieselung mit denselben; denn wenn auch die Filtration insofern mit der Berieselung gleich oder ähnlich ist, als in beiden Fällen eine Beseitigung der suspendirten Schlammstoffe und eine theilweise Oxydation der gelösten organischen Stoffe bewirkt wird, so fällt doch bei der Filtration die reinigende Wirkung weg, welche die auf den Rieselfeldern vegetirenden Nutzpflanzen ausüben; denn diese sind es, welche die unter dem Einfluss der Mikroorganismen oxydirten resp. mineralisirten Stoffe der Schmutzwasser durch ihre Wurzeln aufnehmen und dadurch wesentlich mit zur Reinigung derselben beitragen, indem sie das filtrirende Bodenmaterial mehr oder weniger vor Uebersättigung mit diesen Stoffen schützen. Soll daher die Filtration dieselbe Wir-

kung hervorrufen, als die Bodenberieselung, so ist eine Filtrationsfläche resp. eine Filtrationsmasse erforderlich, welche bei weitem grösser ist als bei der Berieselung. Dabei ist die Filtration gegenüber der Berieselung in volkswirthschaftlicher Hinsicht eine Vergeudung zu nennen, indem bei derselben nur die suspendirten Schlammstoffe als Dünger gewonnen werden, nicht aber die weit überwiegenden gelösten oder mineralisirten Pflanzennährstoffe (wie Kalk, Kali, Phosphorsäure, Ammoniak und Salpetersäure), welche überdies je nach der Lage noch Grund- und Flusswasser zu verunreinigen im Stande sind.

Ausser der Reinigung dieser Art Schmutzwasser durch Berieselung und Filtration ist in Gebrauch:

3. Die Reinigung durch chemische Fällungsmittel.

Zur Reinigung der mit stickstoffhaltigen organischen Stoffen beladenen Schmutzwasser sind eine ganze Anzahl chemischer Fällungsmittel vorgeschlagen, unter anderen:

a) Kalk resp. Kalkmilch als allgemeines Fällungsmittel.
b) Kalk, Eisenvitriol und Kohlenstaub (Holden).
c) Alaun, Blut, Kohle und Thon (Alaun, Blood and Charcoal oder Clay, woher der Name A-B-C-Process), wozu noch Magnesiasalze, Eisen und Aluminiumsulfat etc. kommen (Sillar & Wigner).
d) Kalk und Eisenchlorid resp. Eisenchlorürchlorid (angewandt in Northampton).
e) Kalk, Chlormagnesium und Theer (Süvern).
f) Kalk, Eisen- und Thonerdesalze (Scott).
g) Eisenchlorid und Gyps (Burrow).
h) Aluminiumsulfat, Zinkchlorid, Eisenchlorid und Soda (Lenk).
i) Alaun, Thierkohle, Soda und Gyps (Manning).
k) Alaun, etwas Wasserglas und Tannin (Leigh).
l) Calciummonophosphat, Kalkmilch und Magnesiasalz (Pranger und Witthread).
m) Zinkchlorid, Borax, Wasserglas, isländisches Moos, Asbest etc. (Hansen).
n) Fluorsilicium, Chlorsilicium und ein alkalisches Silikat (Brobownicki).

o) Kieselfluor- oder Borfluor-Verbindungen von Eisen, Mangan, Aluminium oder Zink etc. (Rawson und Schlater).
p) Magnesiummonophosphat und Kalkwasser (Blyth).
p) Aluminiumsulfat und Knochenkohlepulver (Le Voir).
r) Holzkohle, Eisenvitriol und Zinksulfat (Siret).
s) In Salzsäure gelöste phosphorsaure Thonerde (Forbes).
t) Eine salzsaure Lösung von Bauxit unter Zusatz von Calciumphosphat (Guenantin).
u) Kalkmilch und Manganchlorür (Knauer).
v) Kalkmilch und Ausfällen des überschüssigen Kalkes in der Lösung durch Magnesiumcarbonat (Oppermann).
w) Lösliche Kieselsäure, Aluminiumsulfat und Kalkmilch (Nahnsen-Müller), welches letztere Fällungsmittel sich neuerdings vielfach Eingang verschafft und neben der klärenden Wirkung die weitere günstige Eigenschaft besitzt, dass sich der Niederschlag (ohne Zweifel in Folge der Bildung eines Kalk-Thonerde-Silikats) verhältnissmässig viel rascher absetzt, als bei anderen Fällungsmitteln.

etc. etc. etc.

Die Wirkungsweise aller dieser chemischen Fällungsmittel beruht darauf, dass dieselben durch Zusatz zu den Schmutzwassern entweder unter sich oder mit Bestandtheilen der Schmutzwasser unlösliche Verbindungen bilden, welche sich niederschlagen und gleichzeitig die suspendirten Schlammstoffe der Schmutzwasser mit niederreissen.

Als Fällungsmittel ist der Kalk resp. die Kalkmilch am weitesten in Gebrauch; seine klärende Wirkung ist darauf zurückzuführen, dass der Kalk mit dem in den fauligen Schmutzwassern vorhandenen doppelkohlensauren Kalk oder der freien Kohlensäure resp. der an Alkalien gebundenen Kohlensäure nach obiger Gleichung (S. 6) einfach kohlensauren Kalk bildet, der sich unlöslich abscheidet und dadurch eine Niederschlagung der suspendirten Schmutzstoffe bewirkt.

Wird neben dem Kalk eine Metallverbindung z. B. ein Eisen- oder Thonerdesalz etc. angewendet, so bilden sich gleichzeitig die unlöslichen Oxyd- oder Oxydul-Verbindungen dieser Basen, welche die mechanische Ausfällung der suspendirten Schlammstoffe mehr oder weniger wesentlich unterstützen. Andererseits

werden die übelriechenden Stoffe der Schmutzwasser entfernt, indem z. B. der Schwefelwasserstoff durch Kalkmilch als Schwefelcalcium oder bei Anwendung von Eisensalzen oder sonstigen Metallsalzen als Schwefeleisen resp. als Schwefelverbindung der sonstigen Metalle gebunden wird.

Bei Anwendung von Gyps (Calciumsulfat) kann auch eine Bindung des Ammoniumcarbonats resp. eine Umsetzung stattfinden, indem sich Calciumcarbonat und Ammoniumsulfat bildet. Da ersteres, das Ammoniumcarbonat, schon bei gewöhnlichen Temperaturen flüchtig ist, letzteres, das Ammoniumsulfat, dagegen nicht, so wird durch Gypszusatz den Schmutzwassern mehr oder weniger der stechende Geruch nach Ammoniak genommen.

Wenn auf diese Weise die Schmutzwasser durch die chemischen Fällungsmittel einerseits die suspendirten Schlammstoffe, andererseits den üblen Geruch verlieren, so fragt es sich weiter, wie steht es mit den in Lösung befindlichen Fäulnissstoffen und können die geklärten oder klar aussehenden und geruchlosen Schmutzwasser als hinreichend gereinigt angesehen werden?

Was zunächst das Ammoniak als Fäulnissproduct der stickstoffhaltigen organischen Stoffe anbelangt, so hat man vielfach angenommen, dass dasselbe durch Anwendung von löslicher Phosphorsäure, Magnesiasalzen und Kalkmilch gefällt werden könne, indem sich unlösliches phosphorsaures Ammoniak-Magnesium bilde; aus dem Grunde ist von Prange & Witthrend, wie oben angeführt, Calciummonophosphat, Magnesiasalz und Kalkmilch, von Blyth Magnesiummonophosphat und Kalkwasser als Fällungsmittel für Ammoniak vorgeschlagen.

Die hierüber angestellten Untersuchungen haben aber ergeben, dass das Ammoniak wenigstens in der Verdünnung, in welcher es in den fäuligen Wassern vorzukommen pflegt, nicht oder nur in geringer Menge gefällt wird.

Ich versetzte ein Jauchewasser, welches im natürlichen filtrirten Zustande 261,7 mg Stickstoff in Form von Ammoniak enthielt, in einer Portion mit 2,0 g Kalk pro 1 Liter, in einer anderen mit 4 g Superphosphat (von 14,5 %, also = 0,58 g wasserlöslicher Phosphorsäure) + 2 g $MgCl_2$ + 2 g CaO und fand pro 1 Liter des gefällten und filtrirten Wassers:

	Portion I. (mit Kalk allein)	Portion II. (mit Kalk, Phosphorsäure und Magnesiasalz)
Stickstoff in Form von Ammoniak .	238,9 mg	228,3 mg

In der mit einer verhältnissmässig grossen Menge wasserlöslicher Phosphorsäure, Chlormagnesium und Kalkmilch versetzten Portion war demnach nur unerheblich weniger Ammoniak als in der bloss mit Kalkmilch behandelten Portion.

Man kann daher in Uebereinstimmung mit anderweitigen Versuchen wohl behaupten, dass wir ein wirksames und practisch anwendbares chemisches Fällungsmittel für das Ammoniak in den fauligen Schmutzwassern bis jetzt nicht besitzen.

Nicht minder unvollkommen wirken die chemischen Fällungsmittel auf die Entfernung sonstiger gelöster Fäulnissstoffe; ja man findet nicht selten, dass die mit einem Ueberschuss von Kalk behandelten und geklärten Schmutzwasser sogar **mehr** organische Stoffe in **Lösung** enthalten, als die ursprünglichen Schmutzwasser. Dieses lässt sich nur so erklären, dass der überschüssige Kalk zersetzend auf die suspendirten organischen Schlammstoffe wirkt und davon einen Theil in eine lösliche Form überführt.

Untersucht man nämlich derartige mit überschüssigem Kalk geklärte und stark alkalisch reagirende Wasser auf organische Stoffe dadurch, dass man einerseits den Glühverlust des Abdampfrückstandes, andererseits die zur Oxydation erforderliche Menge Chamäleon resp. Sauerstoff ermittelt, so beträgt der Glühverlust wie auch letztere Menge bei dem geklärten und gereinigten Wasser häufig mehr als bei dem ursprünglichen Schmutz wasser im filtrirten Zustande und wenn diese beiden Methoden zur Bestimmung der Grösse der gelösten organischen Stoffe auch nicht ganz exact sind, und uns keinen Aufschluss besonders über die Form, in welcher diese vorhanden sind, geben, so liefern dieselben doch einen relativ richtigen Anhaltepunkt für die grössere oder geringere Verunreinigung der Schmutzwasser mit gelösten organischen Stoffen.

Die sogenannte englische Flussverunreinigungs-Commission hat eine Reihe von Versuchen über die Reinigung von Schmutzwassern durch chemische Fällungsmittel angestellt und z. B. pro 1 Liter gefunden:

Reinigung von Spülwasser	Gelöste Stoffe			
	Gesammt-Rückstand	Glühverlust (Org. Stoffe)	Zur Oxydation der org. Stoffe erford. Sauerstoff	Ammoniak
	mg	*mg*	*mg*	*mg*
1. Mit Kalk ganz allein				
ungereinigt	1504,2	777,7	88,9	53,3
gereinigt	2372,7	1344,3	90,5	37,9
2. Mit Kalk und Aluminiumsulfat (anderes Spülwasser)				
ungereinigt	3288,4	1574,9	108,0	69,5
gereinigt	3288,4(?)	1703,3	114,5	63,7

Ganz ähnliche Resultate erhielt ich in einigen Fällen, in denen diese Art Schmutzwasser durch chemische Fällungsmittel gereinigt waren. So wurde an gelösten Stoffen pro 1 *l* gefunden:

	Reaction	Gelöste Stoffe					Kalk
		Abdampfrückstand	Glühverlust (Org. Stoffe)	Zur Oxydation erford. Sauerstoff	Ammoniak	Organ. Stickstoff	
		mg	*mg*	*mg*	*Eg*	*mg*	
I. Städtisches Canalwasser.							
1. Gefällt mit Kalkmilch							
a) ungereinigt . .	schwach sauer	693,5	—	126,4	51,8	17,7	119,5
b) gereinigt . . .	stark alkalisch	1516,0	—	151,2	31,7	14,8	708,5
2. Gefällt mit Kalkmilch u. einem Thonerdesalz							
a) ungereinigt . .	schwach sauer	753,0	—	102,4	24,9	14,6	124,0
b) gereinigt . . .	„ alkalisch	1215,0	—	145,6	21,5	11,5	354,0
II. Abgangwasser aus Zuckerfabriken.							
1. Gefällt mit Kalkmilch							
a) ungereinigt . .	schwach sauer	908,0	354,8	115,2	4,5	14,9	198,0
b) gereinigt . . .	„ alkalisch	1024,4	367,2	150,4	Spur	21,3	271,2

	Reaction	Gelöste Stoffe					Kalk
		Abdampfrückstand	Glühverlust (Org. Stoffe)	Zur Oxydation erford. Sauerstoff	Ammoniak	Organ. Stickstoff	
		mg	mg	mg	mg	mg	
2. Gefällt mit Kalkmilch u. einem Thonerdesalz							
a) ungereinigt . .	schwach sauer	1425,0	520,0	126,4	25,1	24,0	185,0
b) gereinigt . . .	„ alkalisch	980,0	187,5	59,2	Spur	16,7	210,0
III. Abgangwasser aus Bierbrauereien.							
1. Gefällt mit Kalkmilch							
a) ungereinigt . .	neutral	571,2	240,4	86,4	—	14,9	128,4
b) gereinigt . . .	stark alkalisch	2787,6	512,0	161,6	—	13,4	838,0
2. Gefällt mit Kalkmilch u. einem Thonerdesalz							
a) ungereinigt . .	schwach sauer	1170,0	345,0	172,8	—	14,1	155,0
b) gereinigt . . .	„ alkalisch	1507,5	552,5	264,0	—	23,8	175,0
IV. Abgangwasser aus einer Papierfabrik. Gefällt mit Kalkmilch und einem Thonerdesalz							
a) ungereinigt . .	neutral	480,0	170,0	112,0	—	12,7	155,0
b) gereinigt . . .	alkalisch	945,0	235,0	67,2	—	7,6	260,0

Diese Zahlen könnte ich noch um mehrere andere vermehren; jedoch zeigen die aufgeführten zur Genüge, dass, wenn auch die suspendirten Schlammstoffe der mit organischen Stoffen beladenen Schmutzwasser durch chemische Fällungsmittel mehr oder weniger vollständig entfernt werden, dieses jedoch nicht mit den gelösten Stoffen geschieht, ja dass unter Umständen besonders dann, wenn, wie üblich, die Schmutzwasser mit einem Ueberschuss von Kalk gefällt werden, das gereinigte Wasser mehr organische Stoffe in Lösung enthält als das ungereinigte Wasser. Ebensowenig wie für Ammoniak, besitzen wir für Kali ein practisch anwendbares Fällungsmittel; nur die Phosphorsäure wird bei Anwendung von Kalk für sich allein oder in Gemeinschaft mit Thonerde und Eisensalzen etc. mehr oder weniger vollständig gefällt.

Dass die organischen Stoffe dieser Schmutzwasser nur zum Theil durch die chemischen Fällungsmittel ausgefällt werden, erhellt auch daraus, dass der hierdurch erzielte Schlamm nur verhältnissmässig wenig organische Stoffe und Stickstoff enthält.

A. Petermann fand z. B. für den mit dem oben erwähnten Fällungsmittel von Prange & Witthread erhaltenen Niederschlag aus dem Brüsseler Canalwasser folgende Zusammensetzung:

Wasser	Organ. Stoffe	Stickstoff	Phosphorsäure	Mineralstoffe im Ganzen
2,27 %	23,31 %	0,60 %	4,77 %	74,42 %

Von 52,4 mg Gesammtstickstoff waren nur 1,9 mg oder 3 % in den Niederschlag übergegangen.

Für den mit dem Süvern'schen Desinfectionsmittel aus dem Berliner Canalwasser erhaltenen Niederschlag wurde 0,7—1,0 % Stickstoff, 1,2—1,5 % Phosphorsäure gefunden. Der in Leamington durch den Holden-Process (No. 1) und ferner durch Fällen mit Kalkmilch und Aluminiumsulfat (No. 2) (siehe oben) gewonnene Schlamm ergaben nach Dr. Wallace:

	Wasser	Organ. Stoffe	Stickstoff darin	Ammoniak	Phosphorsäure	Mineralstoffe im Ganzen
No. 1	7,46 %	34,27 %	1,55 %	0,16 %	1,98 %	56,13 %
No. 2	14,80 %	39,60 %	1,52 %	—	4,86 %	45,60 %

Ich selbst fand in den durch Fällen mit Kalkmilch und einem Thonerdesalz erhaltenen und gepressten Niederschlägen folgenden Gehalt:

	1. Aus städtischem Canalwasser %	2. Aus Zuckerfabriken			
		Probe a %	Probe b %	Probe c %	Probe d %
Wasser	45,89	33,38	45,36	27,27	22,18
Organische Stoffe	17,35	14,61	13,28	22,08	11,24
Mit Stickstoff	0,77	0,45	0,53	0,66	0,41
Mineralstoffe	36,76	52,01	41,36	50,65	66,58
In letzteren:					
Kalk	9,87	21,07	21,32	27,60	9,55
Phosphorsäure	1,32	0,74	0,89	0,66	0,46
Kali	0,13	—	0,10	0,11	0,28

Die durch chemische Fällungsmittel erzielten Niederschläge enthalten daher verhältnissmässig nur wenig organische Stoffe, wenigstens von letzteren nicht soviel als Mineralstoffe, und wie nach obigen Ausführungen nicht anders zu erwarten ist, nur Spuren von Ammoniak und Kali.

Mit den suspendirten Schlammstoffen pflegen allerdings auch durchweg die in den Wassern vorhandenen Mikroorganismen niedergeschlagen zu werden und da manche chemische Zusatzmittel conservirend, d. h. fäulnisshemmend wirken, so können sich derartig gereinigte Schmutzwasser mitunter längere Zeit halten, ohne dass Fäulniss darin auftritt. Es ist aber bereits oben S. 6 darauf hingewiesen, dass die fäulnisshemmende Wirkung dieser chemischen Zusatzmittel unter Umständen, wenn die von suspendirten Schlammstoffen gereinigten Schmutzwasser in Bach- oder Flusswasser sich ergiessen, aufgehoben werden und dann eine nachtheilig wirkende Fäulniss von neuem auftreten kann, weil noch fäulnissfähige Stoffe in dem Wasser und fäulnisserregende Mikroorganismen stets in der Luft in genügender Menge vorhanden sind.

Wenn somit die bis jetzt üblichen chemischen Fällungsmittel die löslichen organischen Fäulnissstoffe oder fäulnissfähigen Stoffe nicht zu beseitigen im Stande sind, so fällt bei dieser Art Reinigung auch die weitere Wirkung weg, welche wir oben als günstig bei der Berieselung kennen gelernt haben, nämlich die Sättigung oder Zuführung von Luftsauerstoff.

Bei der chemischen Reinigung der Schmutzwasser wird daher im allgemeinen nur die eine Bedingung, nämlich die Entfernung der suspendirten Schlammstoffe, erreicht und ist das klare Aussehen oder die Abwesenheit von Mikroorganismen durchweg noch lange kein Beweis für die Reinheit des Wassers; sie bedingen vielmehr unter Umständen eine optische Täuschung.

Während des Druckes dieser Schrift erhalte ich die Mittheilung, dass die Firma F. A. Robert Müller & Co. in Schönebeck a. d. Elbe gefunden hat, dass staubfein gepulverte, in Wasser vertheilte Thomasschlacke in Gemeinschaft mit ihrem Präparat (w der chemischen Fällungsmittel) eine stärker fällende Wirkung auf die Stickstoffverbindun-

gen und gelösten organischen Stoffe dieser Art Wasser ausübt als eine entsprechende Menge Kalkmilch; diese Thatsache wäre auch in Rücksicht auf eine rationelle Verwendung der Thomasschlacke nicht unwichtig. Es war mir nicht möglich, dieses Verfahren, für welches Patent nachgesucht ist, vor Schluss dieser Schrift zu prüfen, hoffe dieses aber bald nachholen zu können.

4. Mechanisch wirkende und sonstige Reinigungsverfahren.

Ausser den besprochenen drei Reinigungsverfahren giebt es noch verschiedene andere, welche entweder als eine Modification resp. Combination dieser gelten können, oder ein anderes Princip zum Grunde haben. In dieser Hinsicht seien genannt:

a) Das Verfahren von Robert Punchon in Brigton, welcher vorschlägt, die Schmutzwasser in 18 Fuss lange (hohe) Cylinder von 6 Fuss Durchmesser fliessen zu lassen, welche aus durchlöchertem Eisenblech oder Kupferdrahtgewebe bestehen und deren Innenwand mit einem Gewebe ausgekleidet ist. Die Cylinder rotiren schnell auf ihrer Längsaxe; wenn das Wasser ausgeschleudert ist, wird die Masse mittelst einer mit Kautschuk versehenen Scheibe aus dem Cylinder gepresst.

Versuchsresultate von diesem Verfahren sind mir nicht bekannt; indess besteht dasselbe nur in einer modificirten Filtration und ist einleuchtend, dass es nur die Entfernung der suspendirten Schlammstoffe zum Ziele hat.

b) Das Verfahren von Rothe-Roeckner; dasselbe wird von der Firma Franz Rothe Söhne in Bernburg zur Ausführung gebracht und macht in letzter Zeit viel von sich reden.

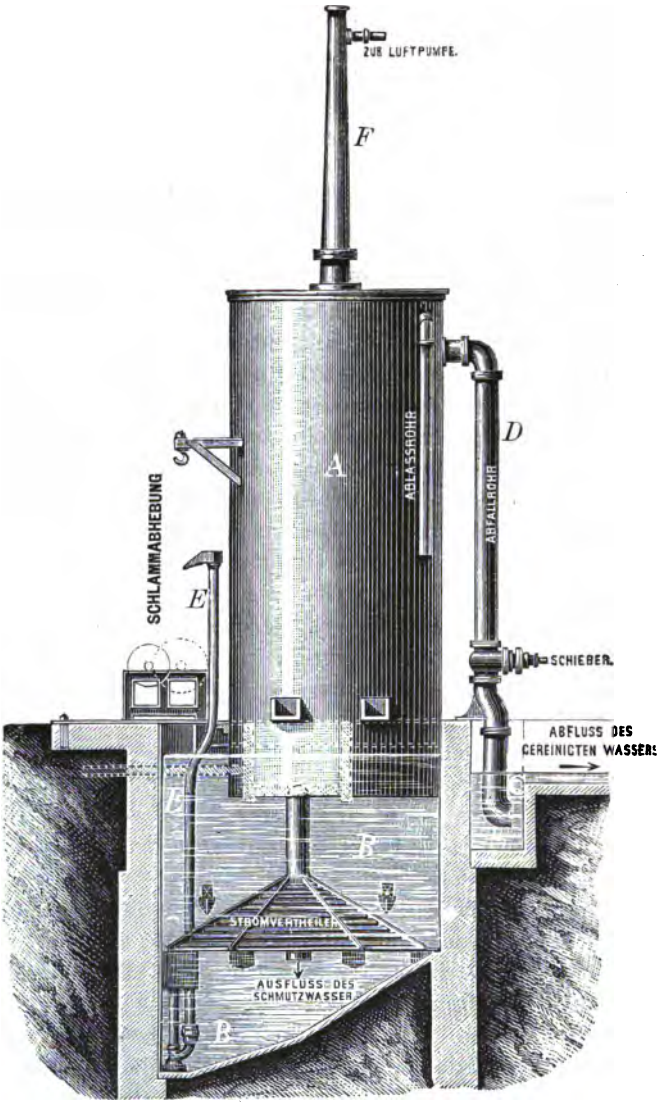
Der Apparat (vergl. Fig. 1 S. 30) besteht aus einem oben geschlossenen und unten offenen Cylinder *A* von ca. 7—8 *m* Höhe, dessen Durchmesser sowie Anzahl von der pro Minute durch den Apparat zu reinigenden Wassermenge abhängt.

Mit dem unten offenen Ende taucht der Cylinder *A* unter das Niveau des zu reinigenden Wassers in Bassin *B*.

Auf dem oberen geschlossenen Ende ist ein Verlängerungsrohr angebracht und an diesem oben das zur Luftpumpe führende Rohr *F*.

Nahe am oberen Rande des Cylinders *A* zweigt sich das mit einem Abschlusshahn versehene Rohr *D* ab, welches mit

Figur 1.



seinem unteren Ende unter das Wasserniveau des kleinen Bassins *C* taucht.

Das Niveau der Flüssigkeit im Bassin *C* liegt tiefer als das Niveau in *B*.

Der im Bassin niedergeschlagene Schlamm wird mittelst eines Baggerwerkes oder einer Pumpe *E* entfernt.

Das zu reinigende Abfallwasser fliesst in das Bassin *B* und muss behufs seiner Reinigung in dem Cylinder *A* aufwärts steigen, fliesst dann durch das Rohr *D* in das Bassin *C* und aus diesem gereinigt ab.

Um das Aufsteigen der Flüssigkeit im Cylinder *A* zu bewirken, wird, nachdem der untere Rand desselben sowie der des Rohres *D* unter Wasserabschluss gebracht ist, die Luft im Cylinder so lange verdünnt, bis das durch den Druck der äusseren Luft hochsteigende Wasser über die Mündung des Rohres *D* im Cylinder *A* angelangt ist. Mit Erreichung dieser Höhe ist ein selbstthätiger Heber hergestellt. Das Wasser fliesst durch *D* und *C*, dessen Niveau tiefer als das des Bassins *B* liegt, continuirlich ab. Der Apparat wird sofort aufhören zu functioniren, sobald das Niveau im Cylinder *A* unter die Einflussöffnung von *D* sinkt.

Um dieses zu verhüten, muss daher ein der vorherigen Höhe des Wasserniveaus entsprechender Grad von Luftverdünnung constant erhalten werden (circa 550 *mm*).

Von wesentlichem Belang für die Reinigung der Wasser ist: erstens eine ruhige Bewegung und zweitens eine gleichmässige Vertheilung derselben sowohl im Brunnen als im Cylinder.

Um dieses zu erreichen, wird das Schmutzwasser dem 4 bis 5 *m* tiefen Brunnen nicht direct durch den Zulaufcanal, sondern aus diesem durch ein in der Mitte des Brunnens bis nahe über den Boden hinabgeführtes Einlaufrohr zugeleitet und dadurch gezwungen, bereits im Brunnen von unten nach oben den Aufsteigeprocess zu beginnen. Um das Einlaufrohr ist unten ein trichterförmiger Stromvertheiler im ganzen Brunnenquerschnitt angebracht, indem Lattenstäbe unter etwa 30 Grad herumgelegt und durch Holztäfelchen jalousieartig verbunden sind, so dass das aus dem Rohre unten austretende Wasser durch die vielen Jalousiespalten durchziehen und seine Bewegung auf den ganzen Querschnitt gleichmässig vertheilen muss. Ausserdem ist im oberen Theile des Cylinders eine eigenthümliche Ueberlauf-Construction vorhanden, welche die von unten her eingeleitete

gleichmässige Bewegung im Cylinder auf dessen ganzer Höhe gewährleistet.

Beim Absetzen und Niedersinken des Schlammes fällt derselbe zunächst auf den Jalousietrichter, so dass bereits beim Durchziehen des aufsteigenden Wassers durch dessen Spalten der Filtrationsprocess beginnt, der sich wohl reichlich bis zur halben Höhe des Cylinders vollzieht. Wenn die auf den Trichter niedergeschlagenen Schlammmassen zu mächtig werden, rutschen sie durch ihr eigenes Gewicht von den schrägen Flächen ab und gelangen in eine Vertiefung der Brunnensohle, von wo sie durch ein aufgestelltes Baggerwerk oder eine entsprechende Schlammpumpe in consistenter Form gehoben und in ein kleines drainirtes Bassin geleitet werden, aus dem das noch anhaftende Schmutzwasser in den Brunnen zurücksickert, während der stichbar gewordene Schlamm je nach Bedarf und Verwendung beseitigt wird.

Die Brunnenweite hängt von der Stichweite ab und beträgt z. B.:

1,9 *m* für Cylinder von 1,0 *m* Weite.
4,3 „ „ „ „ 3,2 „ „
5,8 „ „ „ „ 4,2 „ „

Die Aufsteige-Geschwindigkeit im Cylinder hängt von der Art und Zusammensetzung des Schmutzwassers ab und ist um so geringer, je feiner die Niederschläge sind; nach den bis jetzt gewonnenen Resultaten beträgt die Geschwindigkeit 2 *mm* bis höchstens 9 *mm*. Um die Abscheidung der Schlammstoffe zu unterstützen, werden dem Schmutzwasser gleichzeitig, je nach seiner Beschaffenheit auch chemische Fällungsmittel zugesetzt (durchweg Kalkmilch und sonstige fällende Chemikalien); die Reinigung der Schmutzwasser mit diesem Apparat ist daher chemischer und mechanischer Art.

Die sich niederschlagenden Stoffe sammeln sich im Brunnen wie unten im Cylinder an und die sich niedersenkende Schlammschicht bildet also für sich eine Art Filter für das nachsteigende Wasser. Ich hatte durch die Freundlichkeit der Patentbesitzer Gelegenheit, die Wirkung des Apparates durch die Untersuchung des gereinigten und ungereinigten Wassers in folgenden Fällen zu beobachten.

1 *l* Wasser enthält:

	Suspendirte Stoffe			Lösliche Stoffe						
	Unorganische Stoffe	Organische Stoffe	in letzteren Stickstoff	Mineralstoffe	Organ. Stoffe (Glühverlust)	zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	Stickstoff als Ammoniak	Stickstoff in organ. Verbindung	Schwefelwasserstoff	Kalk
	mg	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*
1. Städt. Canalwasser.										
Ungereinigt	68,0	120,0	21,8	693,5		126,4	42,7	17,7	20,0	119.5
Gereinigt	58,6	0,0	0,0	1516,0		151,2	26,2	14,8	1,0	708,5
2. Brauereiabgangwasser.										
Ungereinigt	23,2	173,2	7,5	230,8	240,4	86,4	Spur	14,9	2,9	128,4
Gereinigt	Spur	Spur	0,0	2275,6	512,0	161,6	Spur	13,4	0,0	838,0
3. Abgangwasser einer Baumwollspinnerei *) und Färberei.										
Ungereinigt	1081,2	1092,4	19,5	399,6	339,2	196,8	Spur	8,3	0,0	85,2
Gereinigt	31,6	3,6	0,0	442,4	252,8	185,6	0,0	6.9	0,0	105,4

In den beiden ersten Fällen waren die beiden ungereinigten Wasser von Bacterien, Bacillen, Monaden und Pilzsporen überfüllt, während sich in dem schwachen Bodensatz der gereinigten Wasser keine oder nur vereinzelte Mikroorganismen nachweisen liessen; auch zeigten beide Proben gereinigten Wassers eine grosse Haltbarkeit. Letztere ist aber vorwiegend dem grossen Ueberschuss an zugesetztem Kalk mit zuzuschreiben; denn beide Wasser hatten eine stark alkalische Reaction.

Es ist einleuchtend, dass die chemischen Fällungsmittel in diesem Apparat nicht anders wirken können, als bei sonstigen Reinigungsvorrichtungen, und gilt von der Art der Wirkung der chemischen Fällungsmittel für diesen Apparat genau dasselbe, was ich bereits S. 24—28 gesagt habe.

Wenn ferner als besonders günstig für denselben hervorgehoben wird, dass auch die lästigen Fäulnissgase, die durch die

*) Die Baumwollspinnerei und Färberei gebrauchte als Farbstoffe Krapp- und Anilinfarben, ferner Seifen etc.

Luftpumpe abgesogen und in einen Schornstein geleitet werden können, entfernt werden; so hat diese Angabe zwar ihre Berechtigung, aber auch ihre zwei Seiten; denn mit den Fäulnissgasen wird auch ohne Zweifel ein Theil des Sauerstoffs entfernt (vgl. S. 47), und wenn man nach den vorstehenden wie nachfolgenden Auseinandersetzungen gerade die Sauerstoffzuführung zu den fauligen Schmutzwassern als eine wesentliche Bedingung ihrer Haltbarkeit resp. Unschädlichmachung mit bezeichnen muss, so liegt bei vielen Schmutzwassern in der theilweisen Entgasung gerade kein Vortheil für den Reinigungsapparat.

Im übrigen besitzt derselbe zur mechanischen Reinigung der Schmutzwasser, wenn man von den Betriebskosten absieht, nicht unwesentliche Vorzüge vor ähnlichen Einrichtungen, nämlich:

1. Nimmt derselbe zur Erzielung eines hohen Effectes nur einen verhältnissmässig kleinen Raum ein, so dass er sich überall da, wo es an hinreichenden Flächen für Klärbassins fehlt, und selbst mitten in Städten anbringen lässt, weil gleichzeitig das Auftreten von Fäulnissgasen verhindert werden kann.

2. Wird durch das in Folge der gleichmässigen Vertheilung des Luftdruckes bewirkte ruhige Aufsteigen der Wassersäule eine verhältnissmässig ebenso rasche und vollkommene als gleichmässige Abscheidung der specifisch schwereren suspendirten Schlammstoffe erzielt.

3. Kann ohne Zweifel in Folge dieser letzteren Eigenschaft die Menge der chemischen Fällungsmittel eine etwas geringere sein, als bei Anwendung von einfachen Klärbassins, und wird der Apparat selbst dann nicht ganz aufhören, klärend zu wirken, wenn der Zusatz von chemischen Fällungsmitteln auf kurze Zeit eine Störung erfährt.

Selbstverständlich kann man dort, wo man hinreichendes natürliches Gefälle besitzt, ein ähnliches bereits vielfach zur Ausführung gelangtes Princip der Reinigung anwenden, indem man das Schmutzwasser in cylinderförmige Behälter, die mit einem inneren cylinderförmigen Trichter durchsetzt sind, so fliessen lässt, dass dasselbe in letzterem wieder von unten nach oben steigen muss und oben zum Ausfluss gelangt. Was bei dem Roeckner-Rothe'schen Apparat der Luftdruck bewirkt, wird hier, wenn auch nicht so vollkommen, durch den Druck des Wassers selbst

erzielt. Wie eine solche Einrichtung, auch wenn das Wasser für den Zweck auf eine bestimmte Höhe gehoben werden muss, gleichzeitig zur Lüftung benutzt werden kann, werde ich im folgenden Kapitel zeigen.

c) Verfahren von Alex. Müller.

Alex. Müller befolgt bei der Reinigung von faulenden Schmutzwassern ein von allen bisher genannten Verfahren abweichendes und entgegengesetztes Princip, indem er der Fäulniss nicht vorbeugt, sondern dieselbe als Bedingung zur Reinigung wählt. Die von antiseptischen Beimengungen freien Abfallwasser werden in tiefen Erdbassins auf 25 bis 40° C. erwärmt, mit hefeartigen Organismen versetzt und falls nicht hinreichende Mengen Nährstoffe vorhanden sind, mit stickstoffhaltigen Stoffen wie Blut etc. und organischen Salzen versetzt. Nach der nöthigen Zeit wird die Flüssigkeit in den Bassins von dem Bodensatz abgezogen und auf Filter von Sand, Kohle etc. gebracht, die mit Drainröhren durchsetzt sind. Die bei der Fäulniss sich bildenden Gase werden dadurch beseitigt, dass man sie in ein System von Drainröhren, das in ein Feld gelegt ist, leitet. Die hier ablaufende Flüssigkeit soll genügend gereinigt sein.

Es lässt sich nicht läugnen, dass durch die künstlich unterstützte Fäulniss ein grosser Theil der organischen Stoffe gasificirt wird und dass in Folge der Gasentwickelung die suspendirten Schlammstoffe sich abscheiden; aber andererseits wird auch ein Theil der suspendirten organischen Schlammstoffe durch die Fäulniss in Lösung gebracht und wird es nicht möglich sein, die giftigen Fäulnissgase vollständig in die Drainröhren abzuleiten, und dass die nachherige einfache Filtration nur eine ungenügende Reinigung bewirken kann, ist bereits oben S. 20 erwähnt.

Thatsächlich haben Untersuchungen über die Wirkung dieses Verfahrens zur Reinigung von Abgangwassern aus Zuckerfabriken ergeben, dass es hinter anderen Reinigungsverfahren zurücksteht.[1])

d) Verfahren von Fr. Hulwa.

Fr. Hulwa wendet zunächst Kalkmilch und ein chemisches

[1]) Vergl. Denkschrift über die vergleichende Prüfung verschiedener Verfahren zur Reinigung der Abflüsse aus Rohzuckerfabriken. Berlin (Kayssler & Co.) 1884 S. 18.

Fällungsmittel an, dessen Natur noch nicht bekannt gegeben ist; alsdann wird der überschüssige Kalk durch Saturation mit Kohlensäure entfernt und schliesslich schwefelige Säure in das noch schwach alkalische Wasser geleitet.

Ein nach diesem Verfahren gereinigtes Gesammtabgangwasser einer Zuckerfabrik ergab mir folgende Zusammensetzung pro 1 *l*:

	Suspendirte Stoffe			Gelöste Stoffe					
	Unorganische	Organische	In letzteren Stickstoff	Mineralstoffe	Organische Stoffe (Glühverlust)	Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	Schwefelsäure	Kalk	Stickstoff
	mg	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*	*mg*
Ungereinigt	4177,5	580,0	75,9	402,5	390,0	301,6	19,4	62,0	26,4
Gereinigt .	0	0	0	700,0	277,0	304,0	207,3	220,0	26,4

Das gereinigte Wasser reagirte schwach sauer und enthielt deutliche Mengen schwefeliger Säure; diesem Umstande ist auch zuzuschreiben, dass das gereinigte Wasser zur Oxydation mehr Sauerstoff erforderte als das ungereinigte im filtrirten Zustande.

Dass die Entfernung des überschüssig zugesetzten Kalkes durch Saturation mit Kohlensäure unter Umständen von Belang sein kann, habe ich bereits oben S. 6 auseinandergesetzt; auch muss die Zuführung von schwefeliger Säure, die eine grosse fäulnisshemmende Eigenschaft besitzt, günstig auf die Haltbarkeit der fauligen Abgangwasser einwirken.

Statt der reinen Gase: Kohlensäure und schwefeliger Säure kann nach Fr. Hulwa unter Umständen auch Schornsteinluft angewendet werden. Ich habe seit einiger Zeit dieselbe Idee verfolgt, glaube aber, dass der Zweck einfacher und besser auf eine andere Weise als durch Einleiten resp. Einpressen von Kohlensäure resp. Schornsteinluft erreicht werden kann. Auch ist mir bis jetzt nicht bekannt geworden, ob das Verfahren von Hulwa schon weitere Anwendungen im grossen gefunden hat.

5. Neue Vorschläge für die Reinigung von fauligen Schmutzwassern.

In vorstehenden Ausführungen habe ich einen Ueberblick über die wichtigsten bis jetzt gangbaren Reinigungsmethoden der fauligen Schmutzwasser gegeben und glaube, dass es nicht zweifelhaft sein kann, dass unter allen Umständen die Berieselung, wenn **richtig** zur Ausführung gebracht, im allgemeinen die vollkommenste Reinigung[1]) herbeizuführen im Stande ist. Diese ist aber in zahlreichen Fällen nicht anwendbar, weil es entweder an dem geeigneten Rieselboden oder an der nothwendigen Bodenfläche fehlt oder aber, weil sie zeitweise wie im Winter nicht zur Ausführung gelangen kann. Alsdann sind Communen und private industrielle Werke gezwungen, andere und gleichsam künstliche Reinigungsmethoden, sei es chemisch oder mechanisch wirkende, in Anwendung zu bringen; und wenn dieselben auch mehr oder weniger unvollkommen wirken, so folgt doch daraus nicht, dass nun überhaupt nichts in der Reinigung der Schmutzwasser geschehen soll.

Auch fragt es sich, ob sich die chemischen und mechanischen Reinigungsverfahren nicht vervollkommnen lassen, so dass sie, wenn auch keine vollständige, so doch eine befriedigende Reinigung bewirken.

Letzteres halte ich aber in vielen Fällen für möglich, ohne dass den Communen oder industriellen Werken dadurch unerschwingliche Kosten auferlegt werden.

Nach den vorstehenden Ausführungen unter 3. kann es nicht zweifelhaft sein, dass die Reinigung der Schmutzwasser von suspendirten Schlammstoffen durch chemische Fällungsmittel darauf beruht, dass diese unter sich resp. mit den Bestandtheilen der

---

[1]) Ich habe hierbei nur die fauligen industriellen Abgangwasser und die städtischen nur insofern im Auge, als sie, frei von den Abortstoffen, bloss aus den weniger schmutzigen Spülwassern (incl. Harn aus öffentlichen Pissoirs) bestehen. Die Frage über die Beseitigung und Unschädlichmachung der Abortstoffe lasse ich absichtlich unberührt; denn bei diesen fragt es sich sehr und hängt ganz von localen Verhältnissen ab, ob dieselben durch Abfuhr oder Schwemmkanalisation verbunden mit Berieselung unschädlich gemacht resp. verwerthet werden sollen.

Schmutzwasser unlösliche Verbindungen bilden, welche die suspendirten Schlammstoffe mechanisch mit niederreissen.

Um dieses klarzustellen, habe ich 2 Arten Abflusswasser, nämlich aus einer Strohpapierfabrik und Jauche-Spülwasser einmal mit Kalkmilch und dann gleichmässig mit Kalkmilch unter Zusatz von Eisenvitriol und Aluminiumsulfat nebst löslicher Kieselsäure versetzt und die Filtrate der natürlichen wie mit Fällungsmitteln versetzten Schmutzwasser einer vergleichenden Untersuchung unterworfen mit folgendem Resultat:

1 Liter der filtrirten Wasser enthielt:

	Ohne Zusatz *mg*	Mit 1,0 *g* CaO pro 1 *l* versetzt *mg*	Mit 1,0 *g* CaO + 0,5 *g* Eisenvitriol pro 1 *l* versetzt *mg*	Mit 1,0 *g* CaO + 0,25 *g* Eisenvitriol + 0,25 *g* Aluminiumsulfat nebst löslicher SiO_2 pro 1 *l* *mg*
I. Abgangwasser aus einer Strohpapierfabrik. 1. Versuch.				
Mineralstoffe (Glührückstand)	1055,0	1620,5	1882,5	1842,5
Organische Stoffe + Wasser (Glühverlust)	1670,0	1812,5	1357,4	1444,0
Zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe erforderlicher Sauerstoff . .	824,0	844,0	812,0	812,0
Organ. gebundener Stickstoff	20,0	17,9	15,8	15,8
Kalk (in Lösung)	475,0	807,5	980,0	957,8
2. Versuch.	Ohne Zusatz	Mit 1,5 *g* CaO pro 1 *l* versetzt	Mit 1,5 *g* CaO + 0,5 *g* Eisenvitriol pro 1 *l* versetzt	Mit 1,5 *g* CaO + 0,5 *g* Aluminiumsulfat nebst löslicher SiO_2 pro 1 *l*
Mineralstoffe (Glührückstand)	792,0	1406,5	1437,5	1452,5
Organische Stoffe + Wasser (Glühverlust)	1112,5	1204,0	925,5	910,5
Zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe erforderlicher Sauerstoff . .	580,0	608,0	532,0	600,0
Organ. gebundener Stickstoff	20,8	15,6	13,9	12,2
Kalk (in Lösung)	365,5	673,0	828,5	781,5

	Ohne Zusatz	Mit 2,0 g CaO pro 1 l versetzt	Mit 2,0 g CaO + 0,5 g Eisenvitriol pro 1 l versetzt	Mit 2,0 g CaO + 0,5 g Aluminiumsulfat nebst löslicher SiO_2 pro 1 l
II. Jauche-Spülwasser.				
Mineralstoffe (Glührückstand)	2434,0	2586,5	2526,0	2601,0
Organische Stoffe + Wasser (Glühverlust)	1716,5	1843,0	1809,0	1704,0
Zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe erforderlicher Sauerstoff . .	360,0	332,0	268,0	288,0
Org. + Ammoniak-Stickstoff	271,6	209,8	209,8	199,3
Kalk (in Lösung)	264,0	503,5	549,5	618,5

Ferner leitete ich durch die mit überschüssigem Kalk versetzten und stark alkalischen Schmutzwasser einige Minuten einen Strom von Kohlensäure, um zu ermitteln, welchen Einfluss die erhöhte Bildung von Kalkcarbonat auf die Reinigung hat; selbstverständlich wurde nur so viel Kohlensäure durchgeleitet, dass die Filtrate noch mehr oder weniger alkalisch reagirten; es wurde pro 1 l der filtrirten Wasser gefunden:

	I. Strohpapierabflusswasser, mit 1,5 g CaO pro 1 l versetzt		II. Jauche-Spülwasser					
			mit 2,0 g CaO pro 1 l		mit 2,0 g CaO + 0,5 g Eisenvitriol pro 1 l		mit 2,0 g CaO + 0,5 g Aluminiumsulfat nebst löslicher SiO_2 pro 1 l	
	ohne Kohlensäure	mit Kohlensäure theilweise gesättigt	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
			Kohlensäure theilweise gesättigt					
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Mineralstoffe (Glührückstand)	1406,5	610,0	2586,5	1717,0	2526,0	1896,0	2601,0	1683,5
Organ. Stoffe + Wasser (Glühverlust) . . .	1204,0	934,0	1843,0	1479,0	1809,0	1684,0	1704,0	1440,0
Zur Oxydation der gelösten organ. Stoffe erforderlicher Sauerstoff. .	608,0	580,0	332,0	248,0	268,0	232,0	288,0	244,0
Stickstoff	15,6	13,9	209,8	233,6*	209,8	223,1*	199,3	223,1*
Kalk (in Lösung) . . .	673,0	272,5	503,5	196,5	549,5	211,0	618,5	176,5

*) Dass in diesem Falle das mit Kohlensäure behandelte Wasser mehr Stickstoff als das ohne Kohlensäure behandelte enthält, rührt ohne

Wir sehen aus diesen Zahlen, dass, wie schon oben hervorgehoben ist, einerseits ein mit überschüssigem Kalk versetztes Schmutzwasser unter Umständen mehr organische Stoffe in Lösung enthält als das natürliche Schmutzwasser ohne Kalkzusatz im filtrirten Zustande, dass andererseits die Fällung der organischen Stoffe durch solche mineralische Zusätze erhöht wird, welche die erhöhte Bildung eines Niederschlages zur Folge haben; denn in allen Fällen sehen wir, dass die gleichzeitig mit Eisenvitriol und einem löslichen Thonerdesalz versetzten Proben weniger organische Stoffe und Stickstoff in Lösung enthalten, als die, welche nur mit Kalkmilch versetzt waren; die Bildung der Niederschläge von Eisenoxydoxydulhydrat oder Eisenoxydulhydrat resp. von Thonerdehydrat und einem Kalk-Thonerde-Silikat hat die Ausfällung der organischen Stoffe begünstigt.

Dasselbe ist, wenn auch hier in geringerem Grade, der Fall, wenn man durch Zuführung von Kohlensäure zu dem, überschüssigen Kalk enthaltenden Schmutzwasser die Bildung von kohlensaurem Kalk unterstützt.

Die Bildung einer grösseren Menge unorganischer Niederschläge hat aber wegen ihres grösseren specifischen Gewichtes die weitere nicht zu unterschätzende Wirkung, dass sich der Gesammtniederschlag in dem Schmutzwasser viel rascher absetzt. Wenn demnach die Entstehung von kohlensaurem Kalk in den mit überschüssigem Kalk versetzten Schmutzwassern eine vollkommenere Ausfällung der organischen Stoffe zur Folge hat, so muss, wie ich mir gesagt habe, auch von entschiedenem Vortheil für die Reinigung dieser Art Wasser sein, wenn dieselben mit kohlensäurereicher Schornsteinluft behandelt werden.

Um dieses nachzuweisen, leitete ich in obige mit überschüssigem Kalk sowie mit Eisenvitriol resp. Thonerdesalz versetzten Schmutzwasser 20—30 *l* Schornsteinluft pro 1 *l* Wasser und fand in den filtrirten Wassern pro 1 *l*:

Zweifel von einer Verflüchtigung des reichlich vorhandenen Ammoniaks in Folge des starken Ueberschusses an Kalk während des Stehens in den Proben her, in welche keine Kohlensäure geleitet wurde, während durch theilweise Sättigung des Kalkes mittelst Kohlensäure die Verflüchtigung von Ammoniak geschwächt wurde.

	1. mit Kalkmilch gefällt		2. mit Kalkmilch + Eisenvitriol gefällt		3. mit Kalkmilch + Thonerdesalz gefällt	
	a) ohne Rauch *mg*	b) mit Rauch *mg*	a) ohne Rauch *mg*	b) mit Rauch *mg*	a) ohne Rauch *mg*	b) mit Rauch *mg*
I. Abgangwasser aus einer Strohpapierfabrik						
1. Versuch.						
Mineralstoffe . .	1602,5	1460,0	1882,5	1765,0	1842,5	1712,5
Glühverlust . .	1812,5	1450,0	1357,5	1242,5	1440,0	1317,5
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	844,0	820,0	812,0	792,0	812,0	780,0
Organischer Stickstoff .	17,9	14,7	15,8	14,7	15,8	15,8
Kalk	807,5	742,5	980,0	852,5	957,5	852,5
2. Versuch.						
Mineralstoffe . .	1406,5	1048,0	1437,5	1149,5	1452,5	1112,5
Glühverlust . .	1204,0	1019,0	925,5	872,0	910,5	955,0
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	608,0	572,0	532,0	520,0	600,0	528,0
Organischer Stickstoff .	15,6	13,9	13,9	12,2	12,2	13,9
Kalk	673,0	639,5	828,5	582,5	781,5	620,0
II. Jauche-Spülwasser.						
Mineralstoffe	2586,5	1423,0	2526,0	1521,5	2601,0	1651,5
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	332,0	308,0	268,0	280,0	288,0	288,0
Organischer + Ammoniak-Stickstoff . .	209,8	199,3	209,8	201,9	199,3	197,5
Kalk	503,5	361,0	549,5	367,5	618,5	414,5

Man sieht, dass die Behandlung der mit chemischen Fällungsmitteln versetzten Schmutzwasser mit Schornsteinluft durchgehends günstig auf die Ausfällung des überschüssigen Kalkes wie nicht minder der gelösten organischen Stoffe und des Stickstoffs gewirkt hat; da der Schornsteinrauch (in diesem Falle Steinkohlenrauch) noch unvollkommene Verbrennungs-, d. h. Oxydationsproducte oder organische Destillationsproducte wie Phenol oder Kreosot etc. enthält, so sollte man annehmen, dass die filtrirten Schmutzwasser in Folge der Rauchabsorption mehr Sauerstoff (d. h. Chamaeleon) zur Oxydation erforderten, als die nicht mit Rauch behandelten Schmutzwasser; weil aber das Gegentheil der

Fall ist, so ist anzunehmen, dass ausser der Kohlensäure durch Bildung von unlöslichem kohlensaurem Kalk auch die anderen Bestandtheile des Schornsteinrauches (phenol- und kreosotähnliche Verbindungen) eine fällende Wirkung auf die gelösten organischen Stoffe ausgeübt haben. Da die Schornsteinluft aber immer noch erhebliche Mengen Sauerstoff enthält, so ist einleuchtend, dass dieselbe den sauerstoffarmen fauligen Schmutzwassern neben der Kohlensäure und den fäulnisshemmenden Destillationsproducten gleichzeitig Sauerstoff zuführt und ich habe schon oben auseinandergesetzt, von welcher Wichtigkeit es ist, die sauerstoffarmen Schmutzwasser mit Sauerstoff zu bereichern, wie es bei der Berieselung und Filtration statt hat.

Bei der Sauerstoff-Bereicherung der fauligen Schmutzwasser darf man jedoch nicht annehmen, dass der zugeführte Sauerstoff direct oxydirend auf die organischen Stoffe wirkt; das ist ohne Zweifel nur in untergeordnetem Maasse der Fall; die günstige Wirkung der Sauerstoff-Zufuhr ist vielmehr indirecter Natur, indem der Sauerstoff bei einer weiteren Zersetzung der organischen Stoffe durch Mikroorganismen die Oxydation begünstigt und das Auftreten von übelriechenden Fäulnissproducten verhindert.

Auch ist für die Sauerstoff-Bereicherung von wesentlichem Belang, wie die Luft resp. der Luftsauerstoff zugeführt wird. Als wenig erfolgreich hat sich erwiesen, die Luft direct in das betreffende Wasser einzuleiten resp. einzupressen. So behandelte Frankland[1]) ein unreines Wasser mit atmosphärischer Luft und fand:

	Kohlenstoff	Stickstoff
Unmittelbar nach der Mischung am 17. Februar . .	2,82	2,43
„ „ „ „ „ 18. „ . .	2,89	2,51
„ „ „ „ „ 19. „ . .	2,44	2,55
„ „ „ „ „ 24. „ . .	2,25	2,53
„ „ „ „ „ 25. „ . .	2,14	2,59
„ „ „ „ „ 28. „ . .	2,14	2,76

Dr. Wallace[2]) behandelte ebenfalls verschiedene Abfall-

[1]) Hoffmann, Chem. Industrie 1875, S. 66.

[2]) Die Abwasser von Ch. Heinzerling, Halle 1885, S. 8.

wasser einige Zeit mit atmosphärischer Luft und fand, dass zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe folgende Mengen [1]) Sauerstoff erforderlich waren:

	Brennerei-Abflusswasser A	Brennerei-Abflusswasser B	Spülwasser
Ohne Behandlung mit Luft	7,66	3,02	1,06
Nach „ „ „ 15 Minuten lang	7,82	3,14	0,99
„ „ „ „ 30 „ „	7,26	3,19	1,10
„ „ „ „ 60 „ „	7,35	3,19	1,12

John Storer [2]) hat zur Sättigung derartiger Schmutzwasser mit Luft resp. Sauerstoff folgenden Apparat construirt:

„In einem verticalen cylindrischen Behälter ist axial ein zweiter oben und unten offener Cylinder angebracht, bis zu dessen oberem Rande die Flüssigkeit reicht. Innerhalb des Cylinders befindet sich eine mit Schraubenflügeln besetzte Welle, durch dessen rasche Rotation (1400—1500 Umdrehungen in der Minute) die Flüssigkeit diesen Cylinder rasch durchströmt und dabei Luft oder andere Gase ansaugt und sich innig damit vermischt. Die Gase können durch besondere Röhren in die Nähe der Flügelwellen geleitet werden etc. Dr. Wallace [3]) hat eine Reihe von Spülwassern, die mit verschiedenen Fällungsmitteln gereinigt und dann durch diesen Apparat mit Luft behandelt waren, untersucht und unter anderem gefunden, dass zur Oxydation der gelösten organischen Stoffe folgende Mengen Sauerstoff pro 1 *l* erforderlich waren:

	Mit Kalkmilch gefällt *mg*	Mit Kalkmilch und Thonerdesalz gefällt *mg*
Wasser ungereinigt	14,7	13,8
„ gereinigt	13,5	8,9
„ desgl. nach Behandlung mit Luft:		
nach 15 Minuten	13,5	9,9
„ 30 „	13,5	8,9
„ 60 „	13,5	10,0.

[1]) Die Zahlen bedeuten wahrscheinlich „grains“ per gallone; durch Multiplication mit 14,1 erhält man alsdann Milligramm pro 1 *l*.

[2]) Engl. Patent vom 9. Juni 1880 No. 2323, vergl. Berichte der chemdeutschen Gesellschaft 1881, S. 2081.

[3]) Vergleiche Ch. Heinzerling: Die Abwässer Tabelle A.

In anderen Fällen trat die direct oxydirende Wirkung der Luft noch in viel geringerem Maasse auf und zeigte sich, dass die ungeklärten Spülwasser durch die Behandlung mit Luft zwar auf einige Tage desodorisirt wurden, dass aber später wieder eine mit Geruchsentwickelung verbundene Zersetzung eintrat. Dagegen wurden die geklärten Wasser durch die Behandlung mit Luft vollständig desodorisirt und nahmen die so behandelten Wasser bei dreiwöchentlichem Stehen keinen Geruch an, noch schieden sie organische Stoffe ab.

Alb. R. Leeds[1]) hat gefunden, dass die reinigende Wirkung der Luft auf das Wasser bedeutend vermehrt wird, wenn die Mischung von Luft und Wasser unter Druck stattfindet. Bei einem zur Zeit in Philadelphia im grossen Maassstabe angestellten Versuch ist eine Fairmount-Turbine in eine Luftpumpe umgewandelt und wurden 20 % Luft, als das günstigste Quantitäts-Verhältniss in die Wasserleitung gepresst. Die Analyse ergab 17 % mehr freien Sauerstoff und 53 % mehr Kohlensäure nach der Lufteinpressung als vor derselben, während sich überhaupt 16 % gelöste Gase mehr in dem mit Luft gemischten Wasser befanden.[2]) Der Procentsatz freien Sauerstoffs repräsentirt den Ueberschuss über die Menge desselben, welche für die Oxydation der organischen Unreinigkeiten im Wasser erforderlich war.

Ich habe gefunden,[3]) dass ein sauerstoffarmes Wasser sich überraschend schnell mit Sauerstoff sättigt, wenn man das Wasser in äusserst feinem Strahl oder in einer äusserst dünnen Schicht an der Luft ausbreitet; so ergab sich pro 1 *l* Wasser:

---

[1]) Nach Engineering, Jan. 1885 in Repertorium f. analyt. Chemie 1885, S. 190.

[2]) Die weitere Angabe, dass durch die Lufteinführung der Procentsatz von freiem Ammoniak auf $^1/_5$ seiner ursprünglichen Menge herabgedrückt worden sein soll, lasse ich dahingestellt; die directe Oxydation des Ammoniaks nach vorstehendem Verfahren erscheint sehr unwahrscheinlich.

[3]) Preuss. Landw. Jahrbücher 1882, S. 206 und 1883, S. 841.

	Natürliches Leitungswasser		Dasselbe, nachdem es in Staubregen durch eine 3–4 m hohe Luftschicht gefallen	
	Temperatur des Wassers C°	Sauerstoff *ccm*	Sauerstoff *ccm*	Temperatur des Wassers C°
1. Versuch 17. Sept. 1881 . . .	14,7	4,41	7,21	16,1
2. „ 20. „ 1881 (Morg.) .	14,5	3,02	6,84	16,0
3. „ 20. „ 1881 (Nachm.)	14,8	3,75	6,51	17,8
4. „ 21. „ 1881 . . .	15,0	3,38	6,51	18,9

Noch wirksamer ist es, wenn man das Wasser an einem Drahtnetz in äusserst dünner Schicht herunterrieseln lässt; das zu nachstehenden Versuchen verwendete verzinnte Drahtnetz war ca. $3^1/_2$ *m* hoch und wie aus nachstehender Zeichnung (Fig. 2) ersichtlich ist, unter einem stumpfen Winkel hin- und hergebogen, um die wirkende Oberfläche thunlichst zu erhöhen. An einem solchen Drahtnetz tropft das Wasser nicht, sondern läuft bei einigermaassen stumpfem Winkel in den Längsmaschen in äusserst dünner Schicht herunter.

I. Versuch im September 1881. Zum Rieseln diente einmal sauerstoffarmes Brunnenwasser für sich allein und dann solches unter Zusatz von Abflusswasser aus einer Strohpapierfabrik, sowie unter Zusatz von Schwefelwasserstoff-Wasser.

Der Gehalt des Wassers vor und nach dem Herabrieseln war pro 1 *l* folgender:

	Vor dem Herabrieseln		Nach dem Herabrieseln	
	Temperatur des Wassers °C.	Sauerstoff *ccm*	Temperatur des Wassers °C.	Sauerstoff *ccm*
1. Reines Brunnenwasser .	13,3	2,8	12,2	7,2
2. Desgl. unter Zusatz des Abflusswassers	16,7	3,8	12,7	7,6
3. Reines Brunnenwasser .	12,0	2,9	14,4	7,1
4. Desgl. zum zweiten Male herabgerieselt	14,4	7,1	16,4	7,1
5. Desgl. unter Zusatz des Abflusswassers und Schwefelwasserstoff-Wassers . .	15,5	2,2	18,0	6,4

Dabei war in Versuch I. 2. die durch Chamäleon oxydirbare organische Substanz von 508,7 *mg* auf 448,7 *mg* pro 1 *l* gesunken uud bei Versuch I. 5. konnte in dem Wasser, welches vorher stark nach Schwefelwasserstoff roch, nach dem Herabrieseln letzterer nicht mehr nachgewiesen werden.

II. Versuch am 24. Januar 1882. Fauliges Abflusswasser aus einer Strohpapierfabrik wurde unter gleichzeitigem Zusatz von wechselnden Mengen Schwefelwasserstoff-Wassers herabgerieselt, und zwar zweimal, um zu sehen, ob beim zweiten Herabrieseln noch eine wesentliche Veränderung statthabe; es wurde pro 1 *l* gefunden:

	Vor dem Herabrieseln	Nach dem Herabrieseln	
		1 mal	2 mal
1. Sauerstoff . . . . . O	3,0 *ccm*	9,0 *ccm*	10,3 *ccm*
2. Schwefelwasserstoff-Wasser a H_2S	22,1 *mg*	2,4 *mg*	0,7 *mg*
„ „ b . „	54,4 „	10,2 „	5,1 „
„ „ c . „	20,4 „	0,9 „	0,0 „
3. Vorhandene resp. gebildete Schwefelsäure unter 2b	48,6 „	72,0 „	77,6 „

Zum sicheren Nachweise, dass die gebildete Schwefelsäure, wenn auch nicht ganz, so doch zum Theil von der Oxydation des Schwefelwasserstoffs herrührt, wurde gleichzeitig ein Vergleich mit destillirtem Wasser unter Zusatz von frischem Schwefelwasserstoff-Wasser gemacht. Das Wasser enthielt vor dem Rieseln 20,1 *mg* Schwefelwasserstoff pro 1 *l*, aber keine Spur Schwefelsäure; nach dem Herabrieseln ergaben sich 5,0 *mg* Schwefelsäure (SO_3) pro Liter.

Da das herabgerieselte Wasser bei einem ursprünglichen Gehalt von ca. 20 *mg* H_2S pro *l*, keinen oder nur mehr Spuren Schwefelwasserstoff enthält; so wird auf diese Weise ein Theil desselben in die Luft verdunstet und dort oxydirt, ein Theil direct im Wasser und verbleibt demselben als Schwefelsäure.

III. Versuch am 19. Februar 1882. In einen grösseren Teich bei Münster war fauliges Wasser gerathen, in Folge dessen an einem Tage sämmtliche Fische in demselben zu Grunde gingen. Das Wasser enthielt pro Liter:

Abdampfrückstand	873,2
Organische Stoffe (durch Chamäleon oxydirbar)	546,7
Chlor	83,5

Dasselbe hatte einen stinkenden Geruch und nur sehr wenig Sauerstoff; nach dem Herabrieseln am Drahtnetz war jeder üble Geruch verschwunden und das Wasser wieder mit Sauerstoff gesättigt, nämlich pro Liter:

	Vor dem Herabrieseln	Nach dem Herabrieseln
Sauerstoff	1,3 *ccm*	8,4 *ccm.*

IV. Versuch am 9. März 1882. In diesem Versuche wurde Abflusswasser aus einer Strohpapierfabrik mit verhältnissmässig viel organischer Substanz genommen und demselben gleichzeitig Schwefelwasserstoffwasser zugesetzt, das Wasser ergab pro Liter:

	Vor dem Herabrieseln	Nach dem Herabrieseln
Sauerstoff	3,7 *ccm*	8,0 *ccm*
Schwefelwasserstoff	4,8 *mg*	0,3 *mg*
Organische Substanz	2212,0 „	1990,8 „
Oder zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	110,6 „	99,5 „
Schwefelsäure	44,6 „	56,3 „

Auch hier war der faulige Geruch des Wassers vollständig verschwunden.

V. Versuch am 2. October 1885. In derselben Weise wie vorstehend wurde städtisches Kanalwasser, das durch Fällen mit Kalk und einem Thonerdesatz gereinigt war, an dem Drahtnetz gelüftet und gefunden pro 1 *l*:

	Vor dem Herabrieseln	Nach dem Herabrieseln
Sauerstoff	0,55 *cc*	4,8 *cc*
Zur Oxydation der organischen Stoffe erforderlicher Sauerstoff	70,8 *mg*	68,0 *mg*
Schwefelsäure	85,1 „	92,7 „

Die Wirkungen des Rieselns am Drahtnetz sind daher ganz gleich denen auf einer Wiese, nur verhältnissmässig energischer und vollkommener; man sieht, dass durch das Herabrieseln in verhältnissmässig geringer Höhe:

1. Die Fäulnissproducte besonders Schwefelwasserstoff unter Ueberführung in Schwefelsäure und zum Theil sonstige organische Stoffe oxydirt und aus dem Wasser entfernt werden;

2. Das Wasser wieder vollständig mit Sauerstoff gesättigt wird.[1])

Die Reinigung des Wassers durch Zuführung von Luft war auch schon den Alten bekannt. So giebt Plinius an, dass Wasser durch Behandeln mit atmosphärischer Luft besser und gesunder werde; in Constantinopel wurde die Wasserleitung regelmässig durch hochgemauerte Thürme unterbrochen, um so das Wasser thunlichst oft mit Luft in Berührung zu bringen.

Dass der in Wasser gelöste Sauerstoff, sei es mit oder ohne Mithülfe von Mikroorganismen wirklich oxydirend auf die organischen Stoffe wirkt, erhellt noch aus folgenden Versuchen:

A. Gérardin[2]) untersuchte Regenwasser in einer gewissen Höhe (auf einer Terrasse und unten im Hofe); er liess das Wasser alsdann in ganz gefüllten und gut verschlossenen Flaschen einige Tage stehen und fand so pro 1 *l* Regenwasser Sauerstoff:

	Terrasse	Hof
1. Regen vom 20. October untersucht am 21. October .	7,40	7,20
Desgl. „ „ 1. November .	6,76	6,44
Verlust in 10 Tagen	0,64	0,76
2. Regen vom 6. November untersucht am 11. November	7,29	4,43
Desgl. „ „ 25. „	6,70	3,60
Verlust[3]) in 14 Tagen	0,59	0,85
3. Regen vom 10. November untersucht am 11. November	7,45	7,27
Desgl. „ „ 25. „	7,00	6,75
Verlust[3]) in 14 Tagen	0,45	0,52

Hieraus folgt, dass zu gleicher Zeit der Regen auf der Terrasse nicht nur sauerstoffreicher ist als der durch eine von organischen

---

[1]) Der aufgenommene Sauerstoff übersteigt unter Umständen sogar die Menge, welche sich nach den Absorptions-Coefficienten von Bunsen ergiebt. Letztere sind aber von Bunsen berechnet und nicht experimentell festgestellt; auch habe ich (Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. 19 S. 250) nachgewiesen, dass die von Bunsen berechneten Absorptions-Coëfficienten nicht als Normzahlen angesehen werden können.

[2]) Compt. rendus 1875 T. 81. p. 989.

[3]) Nach dem Text ist die zweite Untersuchung am 15. November ausgeführt, während es heisst „Verlust in 14 Tagen". Entweder muss es daher heissen, wie ich angenommen habe „am 25. November" oder wenn 15. November richtig ist „Verlust in 4 Tagen". (Vergl. Jahresbericht für Agric. Chemie 1875—1876 I. Bd. S. 105.)

Stoffen reichere Luft gefallene Regen auf dem Hofe, sondern auch, dass das Regenwasser bei längerem Stehen an Sauerstoff abnimmt, ohne dass letzterer gasförmig entweichen konnte.

Diese Abnahme ist wiederum unter denselben Bedingungen bei dem durch eine staubreiche Luftschicht auf dem Hofe gefallenen Regen grösser als bei dem auf der Terrasse in grösserer Höhe gesammelten Regen. Es kann hiernach wohl nur angenommen werden, dass der im Regenwasser gelöste Sauerstoff zur Oxydation der organischen Substanz gedient hat.

Noch deutlicher geht dieses aus einer Untersuchung von E. Reichardt[1]) hervor.

Derselbe bestimmte den Sauerstoffgehalt des Regenwassers und brachte letzteres mehr oder weniger lang mit organischer Substanz (Torf) in Berührung; dabei fand er eine stetige und schnelle Abnahme des im Wasser gelösten Sauerstoffs; dagegen eine Zunahme an Kohlensäure; die Resultate waren folgende:

1 *l* Wasser enthielt:

	Sauerstoff	Kohlensäure
1) Regenwasser (frisch)	6,71 *cc*	2,18 *cc*
1a) Dasselbe, nachdem es 5 Stunden bei 15—20° C. auf Torf gestanden	1,84 *cc*	4,53 *cc*
1b) Dasselbe, nachdem es 22,5 Stunden bei 15 bis 20° C. auf Torf gestanden	2,42 „	10,77 „
1c) Wasser 1b, nachdem es 5 Stunden bei 15 bis 20° C. auf Torf gestanden	0,47 „	3,54 „
1d) Wasser 1b, nachdem es 22,5 Stunden bei 15 bis 20° C. auf Torf gestanden	Spur „	15,11 „
2) Regenwasser (frisch)	5,28 „	1,93 „
2a) Desgl., nachdem es 72 Stunden im offenen Gefäss über Torf gestanden	Spur „	30,80 „

Aus diesen, wie noch anderen Versuchen Reichardt's geht deutlich hervor, dass der Sauerstoff des Wassers in Berührung mit organischer Substanz allmälig unter Bildung von Kohlensäure verschwindet.

Die grosse Bedeutung des im Wasser gelösten Sauerstoffs für die Oxydation der organischen Stoffe kann daher keinem Zweifel unterliegen. Denn ebenso wie im Boden durch die Ver-

[1]) Landw. Centralblatt 1875 S. 167.

mittelung der Mikroorganismen nach den oben erwähnten Versuchen von Schlössing, Müntz, Warrington, sowie von Wollny die Oxydation der organischen Stoffe und dementsprechend die Kohlensäure-Bildung resp. die Nitrification um so energischer verläuft, je mehr Sauerstoff vorhanden ist resp. zutreten kann, ebenso muss auch im Wasser die Oxydation der organischen Stoffe mit der Menge des vorhandenen Sauerstoffs steigen und fallen, denn es ist, wie bereits erwähnt, durch verschiedene neue Versuche ausser allen Zweifel gestellt, dass auch bei der sogenannten Selbstreinigung der Flüsse Mikroorganismen die Vermittelung übernehmen.

Ein Fluss mit grossen Wassermassen und mit einer starken Stromgeschwindigkeit kann ziemlich viel Schmutzwasser aufnehmen, ohne dass irgend welche nachtheiligen Einflüsse äusserlich hervortreten. Der Zersetzungs-Vorgang der organischen Schmutzstoffe ist offenbar qualitativ wie quantitativ derselbe, als wenn das Schmutzwasser sich in ein kleineres Flusswasser mit geringerer Geschwindigkeit ergiesst; aber bei dem grösseren Fluss mit starker Stromgeschwindigkeit erfahren die verunreinigenden Schmutzstoffe einerseits eine solche Verdünnung, dass die Verunreinigung nicht oder kaum ins Auge fällt, andererseits werden durch die grossen Mengen gelösten Sauerstoffs die Zersetzungs- oder Fäulnissproducte so vollständig oxydirt, dass sie sich auch dem Geruch entziehen. Ueber diese Selbstreinigung der Bäche und Flüsse sagt von Pettenkofer in einem Vortrage:[1]) „Der Boden und sein Zusammenhang mit der Gesundheit des Menschen“:

„Aber auch im Wasser verschwinden für uns örtliche Beimengungen theils durch Verdünnung, theils durch chemische Veränderungen wieder, ebenso wie in der Luft, nur in dem Grade weniger und langsamer, als das Wasser im Boden in geringerer Menge vorhanden ist und sich langsamer bewegt. Diese Reinigung erfolgt nicht blos bei längerem Verweilen und Bewegen im porösen Boden, sondern auch in offenen Rinnsalen, in Bächen und Flüssen. Brunner und Emmerich haben das Wasser der Isar vom Gebirge an bis zur Mündung in die Donau

[1]) Gehalten in der 1. Allgemeinen Sitzung der Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Salzburg am 18. September 1881.

an einem und demselben Tage an vielen Stellen gleichzeitig geschöpft und es überall wesentlich gleich gefunden, obschon der Fluss von den an steilen Ufern liegenden Ortschaften beträchtliche Beimengungen erhält.

Was kommt nicht alles in die Elbe, bis sie von Böhmen bis ins Meer fliesst und doch ist filtrirtes Elbewasser in Hamburg und Altona noch als reines Trinkwasser anerkannt?"

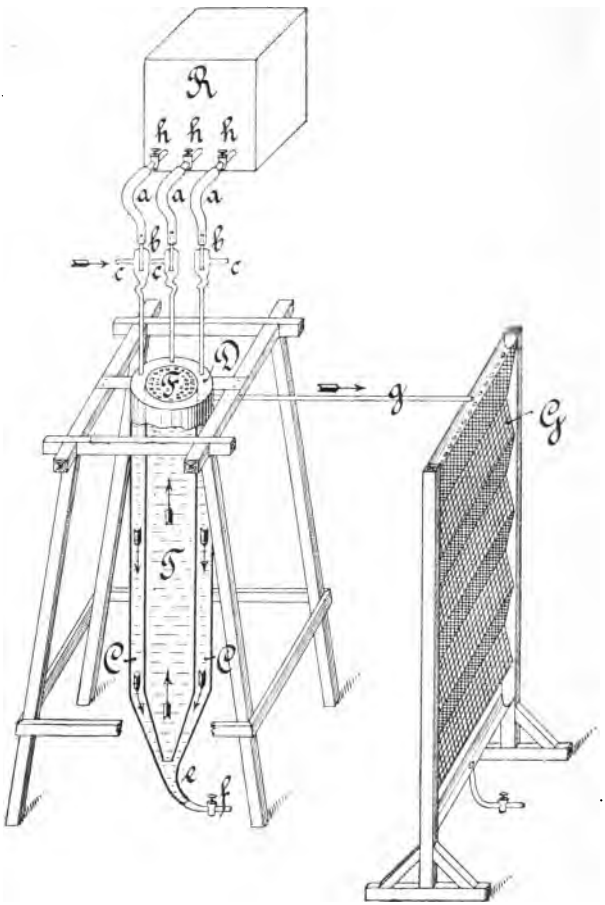
Für die Reinigung von Schmutzwassern mit fauligen oder fäulnissfähigen stickstoffhaltigen organischen Stoffen aber folgt hieraus, dass dort, wo die dieselben aufnehmenden Bäche und Flüsse nur verhältnissmässig geringe Wassermenge mit verhältnissmässig geringer Stromgeschwindigkeit führen, nicht nur eine Entfernung der suspendirten Schlammstoffe, sondern auch eine Sättigung derselben mit Luftsauerstoff angestrebt werden muss.

Diese Forderung muss vorwiegend alsdann Berücksichtigung finden, wenn wegen örtlicher oder zeitlicher Verhältnisse eine Bodenberieselung unmöglich ist, wenn eine künstliche Reinigung durch Filtration oder chemische Fällungsmittel eintreten muss; denn, wie wir gesehen haben, besitzen wir bis jetzt keine Mittel, nach letzteren Reinigungsverfahren die gelösten organischen Stoffe zu entfernen, und die solcher Weise gereinigten Wasser müssen unter besagten Umständen noch einen um so schädlicheren Einfluss äussern, je sauerstoffärmer sie sind.

Die Sättigung der von suspendirten Schlammstoffen befreiten Wasser kann in der verschiedensten Weise erfolgen.

Ich habe gefunden, dass die Sättigung eines sauerstoffarmen Wassers mit Luftsauerstoff am schnellsten erfolgt, wenn dasselbe in äusserst feinem Staubregen oder in äusserst dünner Schicht an der Luft ausgebreitet wird und weil, wie wir gesehen haben, die Schornsteinluft bei Anwendung von Kalk als Fällungsmittel die Ausfällung der Schmutzstoffe wesentlich unterstützt, so habe ich folgenden Modell-Apparat construirt, der in gewisser Hinsicht nach seiner Wirkung einer künstlichen Bodenberieselung gleichkommt. Das mit chemischen Fällungsmitteln und unter Anwendung eines Ueberschusses an Kalk versetzte Schmutzwasser wird in das Reseroir *R* gehoben oder bei hinreichendem natürlichen Gefälle

Figur 2.



in dieses Reservoir geleitet; es fliesst von diesem durch die Hähne *h* und die Rohrleitung *a* in die Wasserstrahlpumpen *b*, welche sich in einer Höhe von 1—2 *m* unter dem Reservoir befinden. Die Wasserstrahlpumpen oder Luftsauger stehen durch das Rohr *c* für gewöhnlich mit einem Schornstein zur Ansaugung von Rauch oder für andere Schmutzwasser mit einem Gasentwickler für Kohlensäure und schwefelige Säure in Verbindung. Das Wasser und angesogene Gas fliessen zusammen in den viereckigen oder

cylindrischen unten conisch zulaufenden Cylinder *C*. Derselbe hat inwendig einen gleich geformten Trichter *T*, dessen untere Oeffnung bis fast auf den Boden des äusseren Cylinders reicht. Die obere Wand *D* des Sedimentirungs-Cylinders um den inneren Trichter *T* herum ist wasserdicht geschlossen, so dass das Wasser durch den inneren Trichter in Richtung der Pfeile wieder nach oben steigen muss. Hierbei scheiden sich unlösliche und specifisch schwerere Stoffe des Schmutzwassers aus und bilden für sich eine Art Filter für das nachfliessende Wasser, ähnlich wie bei dem Rothe-Roeckner'schen Apparat; besonders reisst der sich bildende, unlöslich ausscheidende kohlensaure Kalk nebst sonstigen Niederschlägen noch gelöste organische Stoffe mit nieder. Der Sedimentirungs-Cylinder *C* hat unten bei *e* eine Abflussöffnung, aus welcher mittelst des Hahnes *f* der sich abscheidende Schlamm perpetuirlich in bald geringerem bald grösserem Strahl je nach Bedürfniss zum Ausfluss gelangt; durch diese der aufwärts gerichteten Strömung entgegenwirkende Strömung wird die Abscheidung des Schlammes befördert. Andererseits findet sich oben in dem inneren Trichter flach unter der Ausflussöffnung auf einem durchlöcherten Sieb eine Filtrirschicht *F*, welche noch Schlammtheilchen zurückhält und nach unten fallen lässt. Die Masse der Filtrirschicht richtet sich nach den zu reinigenden Wassern.

Der innere Trichter hat oben einige Centimeter unter dem oberen Deckel ein Ausflussrohr *g*, welches durch die Wand des äusseren Cylinders geht und durch welches das mit fällenden und desinficirenden resp. fäulnisshemmenden Gasen saturirte und geklärte Wasser zum Abfluss gelangt. Von hier aus fällt das Wasser mittelst einer Vertheilungsrinne (resp. eines Vertheilungstrichters) auf ein ausgespanntes, unter einem stumpfen Winkel gebogenes Drahtnetz *G*, um vollständig mit Luft resp. Sauerstoff gesättigt zu werden.

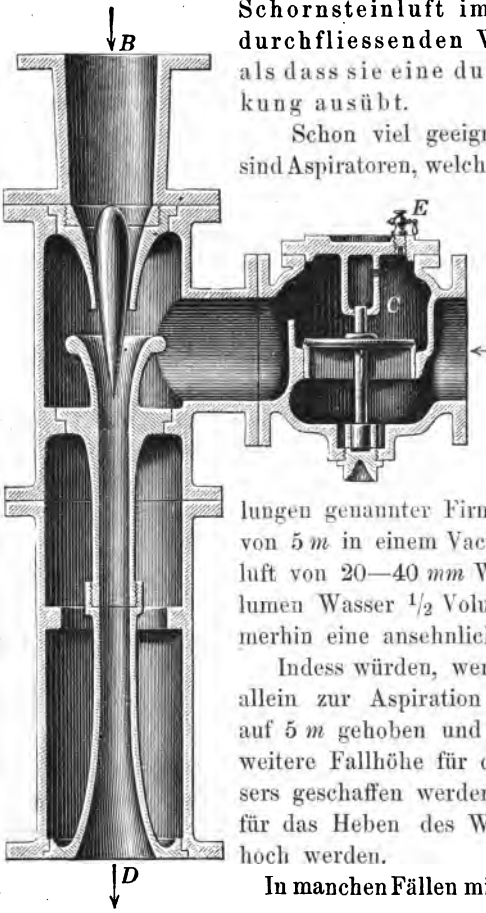
Statt des Drahtnetzes kann man sich auch selbstverständlich eines Gradirwerkes oder unter Umständen eines Vertheilungsrohres bedienen, aus dem das Wasser sprühregenartig in äusserst feinem Strahl austritt; bei natürlichem Gefälle genügt es vielfach, das Wasser aufzustauen und durch vorgelegtes Strauchwerk etc. thunlichst fein zu vertheilen.

Die Höhe des Apparates, des Sedimentirungs-Cylinders wie

der Lüftungsvorrichtung muss sich nach der Art der zu reinigenden Wasser richten. Das von dem Drahtnetz oder von Gradirwerken abfliessende Wasser kann je nach Bedürfniss nochmals zur weiteren Ablagerung von suspendirten Schlammstoffen in zweckmässig eingerichtete Klärteiche geleitet werden, welche sich in oder zu ebener Erde befinden.

So schön diese Aspiratoren indess auch selbst bei 1—1½ *m* Druckhöhe wirken, so ist doch bei den meisten Wassern die Menge der angesogenen Schornsteinluft im Verhältniss zum durchfliessenden Wasser zu gering, als dass sie eine durchgreifende Wirkung ausübt.

Figur 3.



Schon viel geeigneter für den Zweck sind Aspiratoren, welche, wie Fig. 3 zeigt, nach Art der von Gebr. Körting in Hannover construirten Wasserstrahl-Condensatoren eingerichtet und mit einer Nadel in der Düse versehen sind. Dieselben schaffen nach den Mittheilungen genannter Firma bei einer Fallhöhe von 5 *m* in einem Vacuum der Schornsteinluft von 20—40 *mm* Wassersäule auf 1 Volumen Wasser ½ Volumen Luft, also immerhin eine ansehnliche Menge.

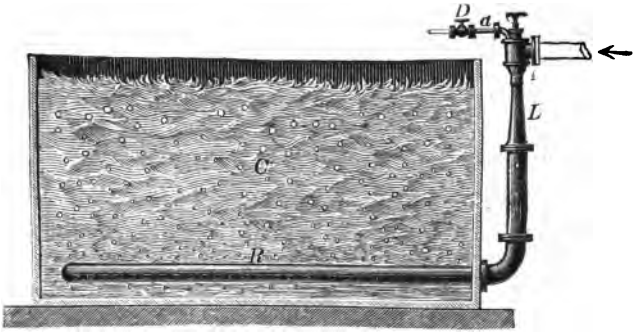
Indess würden, wenn ein Schmutzwasser allein zur Aspiration von Schornsteinluft auf 5 *m* gehoben und nun auch noch eine weitere Fallhöhe für die Lüftung des Wassers geschaffen werden müsste, die Kosten für das Heben des Wassers durchweg zu hoch werden.

In manchen Fällen mit geringen Mengen

Schmutzwasser und periodischem Abfluss wird man sich auch zweckmässig der von Gebr. Körting in Hannover construirten Dampfstrahl-Gebläse zum Vermischen mit Schornsteinluft bedienen können; die Wirkung dieser Dampfstrahl-Gebläse beruht darauf, dass ein aus einer engen in eine weitere Düse strömender Dampfstrahl die umgebende Luft mit sich fortreisst und ihr eine solche Geschwindigkeit ertheilt, dass sie den Gegendruck einer Wassersäule bis zu 2,5 *m* Höhe überwinden kann.

Die folgende Figur 4 veranschaulicht eine solche Einrichtung für Ansaugung und Vermischung von kohlensäurehaltiger

Figur 4.



Schornsteinluft mit einem Wasser; der Dampfstrahl tritt durch das Dampfrohr *D* ein und reisst durch den Saugestutzen *E*, der mit dem Fuchse einer Feuerung in Verbindung steht, Schornsteinluft mit fort; beide gehen durch das Rohr *L* und treten durch das Rohr *R* in dem Reservoir *C* aus, in welchem sich die kohlensäurehaltige Luft mit dem mit Kalkmilch und sonstigen Fällungsmitteln versetztem Wasser mischt.

Wiederum in anderen Fällen wird man den Zweck mit gewiss nicht geringerem Effect erreichen, wenn man die Luft nicht durch das Wasser selbst aspirirt, sondern, wenn man ähnlich wie bei der Lüftung des Wassers, die mit chemischen Fällungsmitteln und überschüssigem Kalk versetzten Schmutzwässer in Rauchkammern sprühregenartig in äusserst feinem Strahl oder an Drahtnetzen in äusserst dünner Schicht austreten lässt; diese Rauchkammern können unten mit dem Feuerungskanal resp. Schornstein in Verbindung stehen, während sie oben, um mit dem

Wasser thunlichst viel Schornsteinluft in Berührung zu bringen, mit einem Ventilator versehen sind; in den meisten Fällen dürfte es genügen, das obere Abzugsrohr der Rauchkammern mit dem gut ziehenden Schornstein in Verbindung zu setzen.

Letztere Einrichtung wäre ähnlich den Entsäuerungsvorrichtungen, welche bezwecken Rauchgase, wie z. B. die von der Zinkblende-Röstung, von schwefeliger Säure zu befreien; hier bewirkt die Kalkmilch eine Neutralisation und Unschädlichmachung der schwefeligen Säure, während bei der Reinigung der Schmutzwasser umgekehrt die Säure, d. h. die Kohlensäure etc. der Schornsteinluft dazu dient, den überschüssig zugesetzten Kalk auszufällen und damit eine erhöhte Ausfällung der Schmutzstoffe zu bewirken.

Genug, die Art der Ausführung dieses Principes der Reinigung von fauligen und fäulnissfähigen Schmutzwassern bietet für den Techniker keine Schwierigkeit; in vielen Fällen ist hinreichendes natürliches Gefälle vorhanden, um das Princip in den verschiedensten Modificationen zur Ausführung zu bringen, in anderen Fällen bietet das Heben der Schmutzwasser mittelst Pulsometer, die jetzt in zweckmässigster Weise construirt werden, keine Schwierigkeiten, indem die vorhandene Maschinenkraft, mehr als ausreicht, um das abfallende Schmutzwasser $4-6$ *m* hoch zu heben.

Durch das Heben des Wassers und durch die Anwendung vorstehender Reinigungs-Einrichtung wird aber in continuirlichem Betriebe gleichzeitig dreierlei erreicht:

1. Die Saturation der mit überschüssigem Kalk und sonstigen Fällungsmitteln versetzten Schmutzwasser mit Schornsteinluft resp. Rauchgasen bewirkt eine erhöhte Ausfällung des Kalkes und damit in Folge der Bildung von unlöslichem kohlensauren Kalk eine erhöhte Fällung der organischen Schmutzstoffe; dabei wirken andere Bestandtheile der Schornsteinluft (wie schwefelige Säure und kreosotähnliche Verbindungen) desinficirend resp. fäulnisshemmend.

2. Die vollkommenste Ablagerung des ausgeschiedenen Schlammes, der zu ebener Erde gewonnen wird und nicht wie bei anderen Klärvorrichtungen, die sich in der Erde befinden, gehoben zu werden braucht.

3. Eine Sättigung des von suspendirten Schlammstoffen befreiten und noch sauerstoffarmen Schmutzwassers mit Luftsauerstoff.

Eine derartige Reinigungsweise der mit stickstoffhaltigen organischen Stoffen beladenen Schmutzwasser kommt in ihrer Wirkung ohne Zweifel der Bodenberieselung sehr nahe und dürfte das Vollkommenste leisten, was überhaupt eine künstliche Reinigung zu leisten im Stande ist.

Was sodann die Maassnahmen für die Reinigung dieser Art Wasser anbelangt, so lassen sich in Zusammenfassung der vorstehenden Ausführungen folgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Die vollkommenste Reinigung der stickstoffhaltigen organischen Schmutzwasser **kann**, d. h. wenn **richtig** ausgeführt, durch die Bodenberieselung erzielt werden. (Hiermit soll jedoch nicht gesagt sein, dass z. B. die Spüljauchenrieselung die einzige und rationellste Reinigung und Verwerthung der Abortstoffe ist; dieses hängt ganz von localen wie zeitlichen Verhältnissen ab; die zweckmässigste Beseitigung der Abortstoffe bildet eine Frage für sich, die ich hier nicht berühren will.)

2. Der Bodenberieselung steht in ihrer Wirkung die intermittirende Filtration am nächsten, jedoch kann sie bei gleichen Filtrationsflächen bei weitem nicht das leisten, wie die Bodenberieselung, weil hier der reinigende Factor, nämlich die wachsenden Nutzpflanzen, wegfallen. Soll die Filtration eine gleiche Wirkung wie die Berieselung hervorrufen, dann sind Filtrationsmassen von viel grösserem Umfange nothwendig, als bei der Berieselung.

3. Durch chemische und mechanische Fällungs- resp. Reinigungsmittel ist es im allgemeinen nur möglich, die **suspendirten** Schlammstoffe zu fällen; denn ebensowenig wie wir für Ammoniak und Kali, ebensowenig besitzen wir für die **gelösten** organischen Stoffe durchgreifende Fällungs- oder sonstige Reinigungsmittel. Die Fällung der gelösten organischen Stoffe kann nur in beschränktem Maasse durch chemische Fällungsmittel unterstützt werden.

4. Aus dem Grunde ist es auch unmöglich, für die Reinigung der mit organischen Stoffen beladenen Schmutzwasser allgemeine Normen für die Höhe der Reinigung vorzuschreiben.

Im Allgemeinen kann, wenn eine künstliche Reinigung erforderlich ist, auf Grund der jetzigen technischen Hülfsmittel nur die Reinigung von suspendirten Schlammstoffen und zwar in thunlichst frischem Zustande angestrebt werden. Da der Gehalt an gelösten organischen Stoffen je nach der Art des Wassers wie auch bei industriellen Etablissements je nach der Fabrikation verschieden ist, so muss die Grenze, bis zu welcher ein Wasser zu reinigen ist, in jedem einzelnen Falle normirt werden.

5. Es giebt kein absolut bestes Reinigungsmittel, resp. Reinigungsverfahren, wenn eine künstliche Reinigung stattfinden muss. Die Mittel resp. das Verfahren, um eine thunlichst vollkommene Reinigung zu erzielen, richten sich ganz nach der Art und Menge der zu reinigenden Schmutzwasser und kann die zweckmässigste Reinigung bald auf diese bald auf jene Weise erreicht werden.

Ein an Kohlensäure oder doppeltkohlensaurem Kalk reiches Schmutzwasser kann z. B. durch Zusatz von Kalkmilch allein hinreichend geklärt werden, bei anderen Wassern ist zur Vermehrung des Niederschlages ein Metallsalz erforderlich. In dem einen Falle schlagen sich die suspendirten Schlammstoffe so leicht nieder, dass einfache Klärteiche genügen, in anderen Fällen müssen complicirtere Einrichtungen getroffen werden.

6. Ebenso wie nach der Art und Menge der Schmutzwasser richten sich die an die Reinigung zu stellenden Anforderungen in gewisser Hinsicht nach der Menge und der Stromgeschwindigkeit des die Schmutzwasser aufnehmenden Bach- resp. Flusswassers, indem die Reinigung um so vollkommener sein muss, je geringer die Menge und Stromgeschwindigkeit des Bach- resp. Flusswassers im Verhältniss zur Art und Menge des Schmutzwassers ist und umgekehrt.

7. Das klare Aussehen der gereinigten Schmutzwasser dieser Art sowie die augenblickliche Abwesenheit von Mikroorganismen ist durchweg noch kein Beweis für eine genügende Reinigung resp. für ihre Unschädlichkeit.

Durch Zusatz eines Ueberschusses von chemischen Fällungsmitteln (besonders von Kalk) lässt sich erreichen, dass die gereinigten, klar aussehenden Wasser, für sich allein aufbewahrt, sich längere Zeit in bacteriologischer Hinsicht günstig verhalten; dieses Verhalten kann aber alsbald eine Aenderung erfahren, wenn der Ueberschuss des chemischen Fällungsmittels beseitigt wird, wie dieses der Fall ist, wenn das z. B. überschüssigen Kalk enthaltende, gereinigte Wasser sich in Bach- und Flusswasser ergiesst, welches mehr oder weniger doppelt kohlensauren Kalk enthält; es findet alsdann eine Bildung von unlöslichem kohlensauren Kalk und damit eine schadhafte Veränderung des Bach- resp. Flusswassers statt, indem von neuem Fäulniss auftritt.

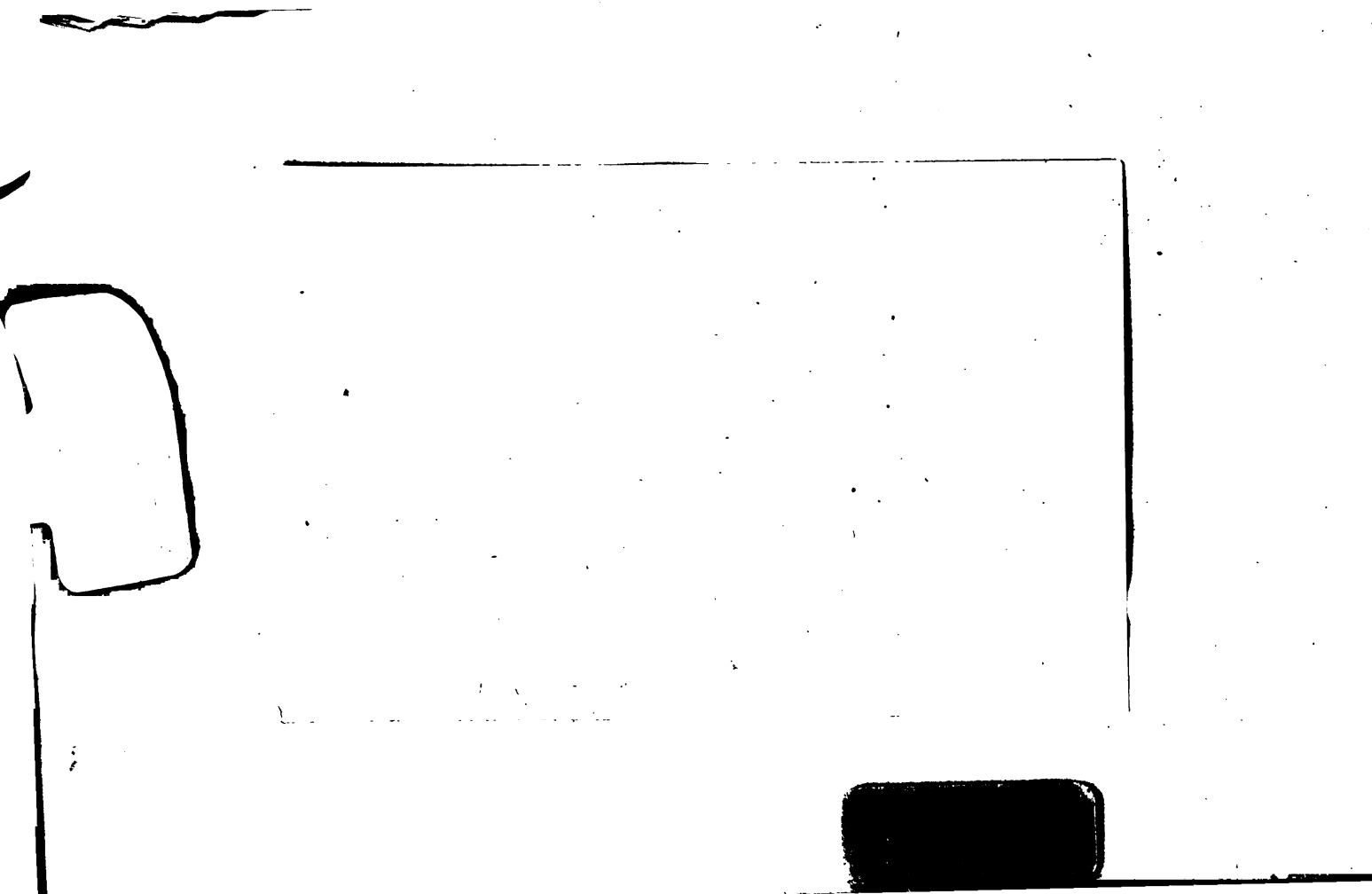
8. Wenn es nicht möglich ist, die gelösten organischen Stoffe durch künstliche Fällungsmittel in erheblicher Menge niederzuschlagen, so ist wenigstens dahin zu streben, dass dieselben bei ihrer weiteren Zersetzung resp. Fäulniss keinen Nachtheil mehr anrichten; dieses wird am einfachsten und sichersten dadurch mit erreicht, dass die von suspendirten Schlammstoffen befreiten und sauerstoffarmen Wasser mit Luftsauerstoff gesättigt werden; denn die Zersetzung resp. Fäulniss in einem Wasser nimmt nur dann einen nachtheiligen Charakter an, wenn keine genügende Menge Sauerstoff zur völligen Oxydation der gebildeten Zersetzungs- resp. Fäulnissproducte vorhanden ist.

Die Sättigung der geklärten Schmutzwasser mit Luftsauerstoff kann aber um so eher gefordert werden, als sie sich durchweg mit den einfachsten Mitteln ohne grosse Kosten bewerkstelligen lässt.

9. Soll das Bestreben zur Reinhaltung der Flüsse durchgreifenden Erfolg haben, so genügt es nicht, einzelne Städte oder

industrielle Werke zur Reinigung heranzuziehen, sondern müssen die überhaupt ausführbaren Vorschriften und möglichen Maassregeln auf alle Städte und industrielle Werke ausgedehnt werden, welche zu einer schädlichen Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe mit beitragen; unter Umständen sind sogar internationale Vereinbarungen erforderlich.

Gedruckt bei Julius Sittenfeld in Berlin W.



Eng 1138.85
Ueber die Principien und die Grenze
Cabot Science
005603665
3 2044 091 910 281